



TUGAS AKHIR - RC14-1501

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
OFFICE BILITON SURABAYA DENGAN  
MENGUNAKAN KOLOM *RECTANGULAR  
CONCRETE FILLED STEEL TUBE* (RCFT) DAN  
BALOK *OCTAGONAL CASTELLATED***

ARLYNA KRISTYANTI  
NRP 3115 105 064

Dosen Pembimbing I :  
Budi Suswanto ,S.T.,M.T.,Ph.D.  
NIP. 197301281998021002

Dosen Pembimbing II :  
R Soewardojo, Ir., M.Sc.  
NIP. 194811301974121001

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



FINAL PROJECT - RC14-1501

**MODIFICATION OF OFFICE BILITON SURABAYA  
STRUCTURE DESIGN USING RECTANGULAR  
CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) AND  
OCTAGONAL CASTELLATED BEAM**

ARLYNA KRISTYANTI  
NRP 3115 105 064

Supervisor I :  
Budi Suswanto ,S.T.,M.T.,Ph.D.  
NIP. 197301281998021002

Supervisor II :  
R Soewardoyo, Ir., M.Sc.  
NIP. 194811301974121001

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2017

## LEMBAR PENGESAHAN

### **MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG OFFICE BILITON SURABAYA DENGAN MENGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN BALOK OCTAGONAL CASTELLATED**

#### **TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**ARLYNA KRISTYANTI**

NRP. 3115 105 064

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D. (Pembimbing I)
2. R. Soewardoyo, Ir., M.Sc. (Pembimbing II)



**SURABAYA  
JULI, 2017**

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
OFFICE BILITON SURABAYA DENGAN  
MENGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE  
FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN BALOK  
OCTAGONAL CASTELLATED**

**Oleh :**

**Arlyna Kristyanti**  
NRP. 3115 105 064

**Dosen Pembimbing :**

**Budi Suswanto, ST, MT., Ph.D**  
NIP. 19730128 199802 1 002

**Ir. R Soewardoyo, M.Sc.**  
NIP. 19481130 197412 1 001

**ABSTRAK**

*Gedung Office Biliton merupakan gedung yang pada awalnya menggunakan struktur beton bertulang. Sebagai bahan studi perancangan bangunan ini di modifikasi menggunakan struktur baja menggunakan kolom Rectangular Concrete Filled Steel Tube (RCFT) dan balok Octagonal Castellated dengan sistem dinding geser plat baja (Steel Plate Shear Wall). Dinding geser plat baja (Steel Plate Shear Wall) adalah sebuah sistem penahan beban lateral yang terdiri dari plat baja vertikal padat yang menghubungkan balok dan kolom di sekitarnya yang terpasang sepanjang ketinggian struktur sehingga membentuk sebuah dinding penopang. Tujuan tugas akhir ini adalah diharapkan dapat menjadi rekomendasi untuk proyek-proyek selanjutnya yang ada di Indonesia agar dapat memanfaatkan material baja sebagai bahan struktur gedung dengan pertimbangan keuntungan penggunaan material baja sebagai struktur utama gedung.*

*Untuk menghasilkan perencanaan struktur baja yang rasional, maka perencanaan ini mengacu pada peraturan-peraturan yang berlaku diantaranya SNI 1726:2012 tentang Tata*



*Cara Perencanaan Tahan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural, SNI 1729:2015 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung, SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, dan SNI 1717:2013 tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, PPIUG 1983 tentang Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung. Penggambaran hasil perhitungan struktur dalam bentuk Gambar Teknik dilakukan dengan menggunakan program bantu AutoCAD.*

*Dari analisa dan hasil perhitungan diperoleh hasil yaitu: tebal pelat atap, lantai dan parkir 9 cm. Dimensi balok gedung Office Biliton adalah CB 712,5.300.11.15 and CB 710.200.10.16 pada lantai 1-7, CB 710.200.10.16 and CB 627,5.300.10.15 pada lantai 8-14, CB 627,5.300.10.15 and CB 562,5.300.9.14 pada lantai 15-21, dan CB 495.250.8.12 and CB 432,5.200.9.14 pada lantai atap. Sedangkan dimensi kolom utama menggunakan RCFT HSS 700.700.22.22 pada lantai G-5, RCFT HSS 650.650.22.22 pada lantai 6-10, RCFT HSS 600.600.22.22 pada lantai 11-14, RCFT HSS 550.550.22.22 pada lantai 15-18, dan RCFT HSS 500.500.22.22 pada lantai 19-lantai atap. Dimensi dinding geser pelat baja memiliki ketebalan 4 mm. Serta perencanaan sambungan digunakan baut mutu  $f_u^b = 8250$  MPa. Perencanaan pondasi menggunakan bored piles dengan diameter Ø60 cm and Ø80 cm.*

**Kata kunci - struktur baja, balok kastela, kolom komposit, dinding geser plat baja**

**MODIFICATION OF OFFICE BILITON SURABAYA  
STRUCTURE DESIGN USING  
RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE  
(RCFT) AND OCTAGONAL CASTELLATED BEAM**

**Name of Student:**

**Arlyna Kristyanti**

NRP. 3115 105 064

**Supervisor:**

**Budi Suswanto, ST, MT., Ph.D**

**Ir. R Soewardoyo, M.Sc.**

NIP. 19730128 199802 1 002

NIP. 19481130 197412 1 001

**ABSTRACT**

*Biliton Office is a building that initially has designed using reinforced concrete structures. As study material building design is modified to a steel structure with rectangular concrete filled steel tube as coloumn and octagonal castellated beam as beam with steel plate shear wall system. Steel plate shear wall is a lateral load resisting system consisting of a solid steel plate vertical connecting beams and columns around which installed along the height of the structure so as to form a buttress. The purpose of this final project was made in the hope can be a recommendation for future projects in Indonesia to take advantage of the steel material as the material structure of the building with consideration of the advantages of using steel materials as the main structure of the building.*

*To produce the structural design of steel rational, then this plan refers to the rules that apply include SNI 1726: 2012 on Procedures Planning Earthquake for Building and Non Building, SNI 1729: 2015 on Specifications for Buildings Structural Steel, SNI 1729 : 2002 on Procedures for Steel Structural Design for Buildings, PPIUG 1983 on Indonesian Loading Regulation for Building, and SNI 1727: 2013 on Minimum Load for Planning Building and Other structures. Earthquake load is calculated by*

*the method of dynamic response spectrum earthquake load, and then analyzed using computer aids program SAP2000 and using AutoCAD for drawing design structures and arcitechth.*

*From analysis and the calculation results, the roof plate, floor plate and car port plate thickness is 9 cm. Dimensional beam of Biliton Office on 1<sup>st</sup>-7<sup>th</sup> floor is CB 712,5.300.11.15 and CB 710.200.10.16, on 8<sup>th</sup>-14<sup>th</sup> floor is CB 710.200.10.16 and CB 627,5.300.10.15, on 15<sup>th</sup>-21<sup>st</sup> floor is CB 627,5.300.10.15 and CB 562,5.300.9.14, and on roof floor is CB 495.250.8.12 and CB 432,5.200.9.14. While the dimensions of the main column on G-5<sup>th</sup> floor is RCFT HSS 700.700.22.22, on 6<sup>th</sup>-10<sup>th</sup> floor is RCFT HSS 650.650.22.22, on 11<sup>th</sup>-14<sup>th</sup> floor is RCFT HSS 600.600.22.22, on 15<sup>th</sup>-18<sup>th</sup> floor is RCFT HSS 550.550.22.22, and on 19<sup>th</sup>-roof floor is RCFT HSS 500.500.22.22. Dimensions of steel plate shear wall has a thickness of 4 mm. As well as planning to use bolt connection quality  $f_u^b = 8250$  MPa. Planning of foundation using bored piles Ø60 cm and Ø80 cm.*

**Key word – steel design, castellated beam, composite coloumn, steel plate shear wall.**

## KATA PENGANTAR

Pertama-tama saya ucapkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga terselesaikannya penyusunan **Tugas Akhir** dengan judul **“Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Office Biliton Surabaya Dengan Menggunakan Kolom Rectangular Concrete Filled Steel Tube (RCFT) dan Balok Octagonal Castellated”**.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat dalam menempuh jenjang Pendidikan Sarjana di Jurusan Teknik Sipil ITS Surabaya.

Tersusunnya tugas akhir ini juga tidak terlepas dari dukungan dan motivasi dari berbagai pihak yang telah banyak membantu dan memberi masukan serta arahan kepada saya. Untuk itu saya ucapkan terima kasih terutama kepada :

1. Kedua orang tua sebagai penyemangat terbesar bagi saya, dan yang telah banyak memberi dukungan moril maupun materi terutama doa dan semangatnya.
2. Bapak Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D. dan Bapak R Soewardoyo, Ir., M.Sc. selaku dosen pembimbing saya yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, petunjuk, dan motivasi dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Serta semua pihak yang mendukung dan memberikan bantuan dalam penyelesaian laporan tugas akhir yang tidak mampu disampaikan satu per satu saya ucapkan terima kasih.

Disusunnya Tugas Akhir ini sangatlah diharapkan, semoga dapat bermanfaat bagi para pembaca khususnya dan bagi majunya pendidikan.

Menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidaklah sempurna, sehingga saya ucapkan mohon maaf apabila dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih ada kekurangan. Oleh karena itu dengan rendah hati diharapkan saran dan kritik yang berguna dari pembaca.

Demikian yang dapat disampaikan, terimakasih.

Surabaya, Juli 2017

Penyusun

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK .....	iii
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan .....	4
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Manfaat .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Umum .....	7
2.2 Profil Baja <i>Octagonal Castellated</i> .....	7
2.2.1 Proses Fabrikasi Profil <i>Octagonal Castellated</i> .....	7
2.2.2 Keuntungan dan Kekurangan Profil <i>Octagonal Castellated</i> .....	10
2.2.3 Kegagalan Profil <i>Castellated</i> .....	11
2.3 Kolom Komposit.....	12
2.3.1 Kriteria Kolom Komposit Bagi Komponen Struktur Tekan.....	14
2.3.2 Keuntungan dan Kekurangan Kolom Rectangular Concrete Filled Steel Tube .....	15
2.4 Sambungan.....	15
2.4.1 Klasifikasi Sambungan .....	16
2.4.2 Persyaratan Utama Desain Sambungan .....	17
2.5 Steel Plate Shear Wall.....	18
2.5.1 Desain Steel Plate Shear Wall.....	19
2.5.2 Model Steel Plate Shear Wall .....	20
BAB III METODOLOGI .....	27
3.1 Bagan Alir Metodologi .....	27
3.2 Metodologi Penyelesaian .....	29

3.2.1 Pengumpulan Data .....	29
3.2.2 Studi Literatur .....	30
3.2.3 Preliminary Design.....	31
3.2.4 Pembebanan Struktur .....	31
3.2.5 Kontrol Dimensi Struktur.....	37
3.2.6 Perencanaan Dinding Geser Pelat Baja ( <i>Steel Plate Shear Wall</i> ) .....	47
3.2.7 Perencanaan Sambungan.....	48
3.2.8 Perencanaan Pondasi .....	50
3.2.9 Penggambaran Hasil Perhitungan .....	57
<b>BAB IV PERHITUNGAN STRUKTUR SEKUNDER .....</b>	<b>59</b>
4.1. Perencanaan Dimensi Pelat Lantai Gedung .....	59
4.1.1. Pelat Lantai Atap.....	59
4.1.2. Pelat Lantai Perkantoran .....	61
4.1.3. Pelat Lantai Parkir.....	63
4.2. Perencanaan Balok Anak .....	64
4.2.1. Balok Anak Lantai Atap.....	64
4.2.2. Balok Anak Lantai Perkantoran .....	68
4.2.3. Balok Anak Lantai Parkir.....	72
4.3. Perencanaan Tangga.....	75
4.3.1. Tangga Lantai.....	75
4.3.2. Anak Tangga .....	76
4.3.3. Bordes Tangga .....	81
4.3.4. Balok Utama Tangga.....	85
4.3.5. Balok Penumpu Tangga .....	92
4.4. Perencanaan Lift.....	95
4.4.1. Balok Penumpu Lift .....	99
4.5. Perencanaan Ramp .....	103
4.5.1. Ramp .....	103
4.5.2. Bordes Ramp .....	104
4.5.3. Balok Utama Ramp .....	107
4.5.4. Balok Penumpu Ramp.....	113
<b>BAB V PEMODELAN STRUKTUR .....</b>	<b>117</b>
5.1. Umum.....	117
5.2. Pembebanan Struktur Utama.....	117

5.2.1. Data Gedung .....	117
5.2.2. Beban Mati .....	118
5.2.3. Beban Hidup .....	119
5.3. Beban Gempa Dinamis .....	119
5.3.1. Arah Pembebanan .....	119
5.3.2. Parameter Respon Spektrum .....	120
5.4. Pemodelan 3D pada SAP2000 .....	124
5.5. Kontrol Desain .....	131
5.5.1. Kontrol Partisipasi Massa .....	132
5.5.2. Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental .....	133
5.5.3. Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum .....	134
5.5.4. Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai ( <i>drift</i> ) .....	137
BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER .....	141
6.1. Kontrol Dimensi Balok Utama .....	141
6.1.1. Kontrol Balok Induk Memanjang (B1) .....	141
6.1.2. Kontrol Balok Induk Melintang (B2) .....	147
6.2. Kontrol Dimensi Kolom .....	154
6.2.1. Kontrol Kolom Pada Lantai G-5 .....	154
6.3. Perhitungan Dinding Geser Pelat Baja (SPSW) .....	158
6.4. Perencanaan Sambungan .....	169
6.4.1. Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk .....	169
6.4.2. Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga .....	171
6.4.3. Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom .....	173
6.4.4. Sambungan Balok Utama Ramp dengan Balok Penumpu Ramp .....	176
6.4.5. Sambungan Balok Penumpu Ramp dengan Kolom .....	178
6.4.6. Sambungan Kolom dengan Kolom .....	181
6.4.7. Sambungan Dinding Geser ( <i>Steel Plate Shear Wall</i> ) .....	182
6.4.8. Sambungan Balok HBE dengan Kolom VBE .....	184
6.4.9. Sambungan Balok Induk dengan Kolom .....	191
6.4.10. Sambungan Kolom dengan Base Plate .....	196
6.4.11. Sambungan Dinding Geser ( <i>Steel Plate Shear Wall</i> ) dengan Sloof .....	201
6.5. Kontrol Konsep Strong Column Weak Beam .....	202



6.5.1. Kontrol Konsep Strong Column Weak Beam (dengan $N_{uc} = 0,3 N_y$ dan $M_y = 0$ ) .....	202
6.5.2. Kontrol Panel Zone .....	203
<b>BAB VII PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH.....</b>	<b>205</b>
7.1. Umum.....	205
7.2. Data tanah.....	205
7.3. Perhitungan Daya Dukung Tanah .....	206
7.3.1. Perhitungan Daya Dukung Tanah Tiang Bor Diameter 600 mm.....	206
7.4. Perhitungan Daya Dukung Bahan .....	209
7.4.1. Perhitungan Daya Dukung Bahan Tiang Bor Diameter 600 mm.....	209
7.5. Perhitungan Pondasi.....	209
7.5.1. Tipe Pile Cap (P1) .....	209
7.6. Perhitungan Kolom Pedestal .....	221
7.7. Perhitungan Sloof Pondasi .....	223
<b>BAB VIII PENUTUP.....</b>	<b>229</b>
8.1. Kesimpulan .....	229
8.2. Saran.....	231
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>233</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Geometri Octagonal Castellated.....	7
Gambar 2.2 Pembuatan Profil Octagonal Castellated .....	8
Gambar 2.3 Beam ends left ragged, $U = T$ .....	9
Gambar 2.4 Beam ends left ragged, $U > T$ .....	9
Gambar 2.5 Beam ends finished, $U = T$ .....	9
Gambar 2.6 Beam ends finished with infill plates, $U > T$ .....	10
Gambar 2.7 Penampang Kolom Komposit.....	13
Gambar 2.8 Penampang kolom CFT .....	13
Gambar 2.9 Sambungan Pada Baja Wide Flange.....	16
Gambar 2.10 Sambungan Pada Rectangular Concrete Filled Steel Tube (RCFT) .....	17
Gambar 2.11 Gaya yang bekerja pada sambungan balok-kolom (Hwang dan Lee,1999) .....	18
Gambar 2.12 Dinding Geser Plat Baja (SPSW) .....	20
Gambar 2.13 Equivalent Story Brace Model (Thorburn et al, 1983).....	21
Gambar 2.14 Strip Model (Driver et al, 1998).....	23
Gambar 2.15 Gaya-gaya yang Bekerja pada Dinding Geser Plat Baja.....	25
Gambar 2.16 Pola Dinding Geser Plat Baja .....	26
Gambar 3.1 Bagan Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir ..	29
Gambar 3.2 Spektrum Respons Desain .....	36
Gambar 3.3 Geometri Castellated Beam .....	37
Gambar 3.4 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Beban kolom .....	55
Gambar 3.5 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Bored pile ...	57
Gambar 4.1 Pelat Lantai Atap .....	59
Gambar 4.2 Penulangan Pelat Atap.....	60
Gambar 4.3 Pelat Lantai .....	61
Gambar 4.4 Penulangan Pelat Lantai .....	62
Gambar 4.5 Pelat Lantai Parkir .....	63
Gambar 4.6 Penulangan Pelat Lantai Parkir.....	64
Gambar 4.7 Denah Balok Anak Lantai Atap.....	65

Gambar 4.8 Denah Balok Anak Lantai Perkantoran .....	68
Gambar 4.9 Denah Balok Anak Lantai Parkir .....	72
Gambar 4.10 Denah Tangga .....	76
Gambar 4.11 Pelat Anak Tangga .....	76
Gambar 4.12 Denah Bordes .....	81
Gambar 4.13 Sketsa Pembebanan Balok Utama Tangga .....	86
Gambar 4.14 Denah <i>Lift</i> .....	96
Gambar 4.15 Potongan Melintang <i>Lift</i> .....	97
Gambar 4.16 Tabel Spesifikasi Lift .....	98
Gambar 4.17 Model Pembebanan Balok Penumpu <i>Lift</i> .....	100
Gambar 4.18 Denah Ramp .....	103
Gambar 5.1 Pemodelan Struktur Gedung Yang Direncanakan .....	118
Gambar 5.2 Hasil Grafik Spektrum Respon Desain .....	124
Gambar 5.3 Pemilihan Model Rangka .....	125
Gambar 5.4 Input Edit Grid Data .....	125
Gambar 5.5 Input Edit Material Data .....	126
Gambar 5.6 Penentuan Dimensi <i>Frame</i> .....	126
Gambar 5.7 Penentuan Dimensi <i>Frame</i> .....	127
Gambar 5.8 Input <i>Area Section</i> Pelat .....	127
Gambar 5.9 Input <i>Respon Spectrum Gempa</i> .....	128
Gambar 5.10 Input Data <i>Load Pattern</i> .....	128
Gambar 5.11 <i>Define Load Case</i> .....	129
Gambar 5.12 Input Nilai Massa .....	130
Gambar 5.13 <i>Deformed Shape</i> Gedung .....	131
Gambar 6.1 Penampang Kolom Komposit CFT dengan Profil HSS $700 \times 700 \times 22 \times 22$ .....	155
Gambar 6.2 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk .....	169
Gambar 6.3 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga .....	172
Gambar 6.4 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom .....	174
Gambar 6.5 Sambungan Balok Utama Ramp dengan Balok Penumpu Ramp .....	176
Gambar 6.6 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom .....	179

Gambar 6.7 Sambungan Kolom dengan Kolom.....	181
Gambar 6.8 Sambungan Dinding Geser dengan Kolom .....	183
Gambar 6.9 Sambungan HBE dan VBE pada Dinding Geser...	184
Gambar 6.10 Sambungan Balok Induk dengan Kolom.....	191
Gambar 6.11 Sambungan Kolom dengan Base Plate .....	197
Gambar 6.12 Sambungan Balok HBE dengan Sloof.....	201
Gambar 7.1 Hasil Analisis Nilai Mnt dengan Program spColumn .....	212
Gambar 7.2 Hasil Analisis Bored Pile dengan Program spColumn .....	213
Gambar 7.3 Hasil Analisis Kolom Pedestal dengan Program PCAColumn .....	222
Gambar 7.4 Penulangan Kolom Pedestal .....	223

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kategori Risiko I, II, dan III Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa .....	33
Tabel 3.2 Kategori Risiko IV Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa (Lanjutan) .....	34
Tabel 3.3 Faktor Keutamaan Gempa.....	34
Tabel 3.4 Koefisien Situs, $F_a$ .....	35
Tabel 3.5 Koefisien Situs, $F_v$ .....	35
Tabel 3.6 Intensitas gaya geser dinding tiang .....	50
Tabel 5.1 Tabel Perhitungan N Rata-Rata.....	120
Tabel 5.2 Nilai Periode Fundamental (T) dan Percepatan Respon Spektra ( $S_a$ ) berdasarkan ketentuan SNI 1726:2012	
Pasal 6.4 .....	122
Tabel 5.3 Rasio Partisipasi Massa .....	132
Tabel 5.4 Periode dan Frekuensi Struktur Gedung .....	133
Tabel 5.5 Reaksi Dasar Struktur Gedung .....	135
Tabel 5.6 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa Gedung.....	135
Tabel 5.7 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa .....	136
Tabel 5.8 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah X.....	138
Tabel 5.9 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah Y.....	139
Tabel 7.1 Intensitas gaya geser dinding tiang .....	206
Tabel 7.2 Daya dukung satu tiang (tiang bor diameter 600 mm) .....	207

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Office Biliton Surabaya merupakan salah satu bangunan yang dibangun untuk memenuhi kebutuhan baik investasi bagi pemilik dan fasilitas bagi pengunjung. Office Biliton Surabaya berlokasi di Jalan Biliton no 5 Surabaya dan dibangun dengan sistem struktur beton bertulang. Pembangunan Office Biliton Surabaya ini dibangun dengan jumlah lantai 22 lantai untuk akses dan lantai ke 23 yang difungsikan sebagai atap bangunan.

Kebutuhan akan bangunan gedung bertingkat dengan material yang mampu menahan gempa yang terjadi serta memiliki struktur utama yang kuat untuk memikul besarnya beban dari bangunan gedung bertingkat seperti Office Biliton Surabaya begitu banyak. Tentunya struktur beton bertulang menjadi salah satu pilihan dalam perencanaan pembangunan struktur gedung bertingkat. Namun struktur beton bertulang tidaklah menjadi alternatif pilihan terbaik, karena bila seluruh elemen bangunan menggunakan beton bertulang maka akan menghasilkan berat bangunan yang sangat besar dan lama dalam proses pengerjaan pembangunannya. Oleh karena itu, struktur beton bertulang menjadi alternatif yang dinilai kurang efisien.

Untuk mencapai kondisi yang ideal dari permasalahan tersebut, penggunaan struktur baja dengan beton komposit dinilai lebih baik dibandingkan dengan struktur beton bertulang, karena penggunaan material baja dengan daktilitas lebih tinggi dari beton mampu bertahan sebelum runtuh akibat gempa. Struktur baja dengan beton komposit juga mampu meningkatkan kekuatan struktur sehingga mampu memikul besarnya beban dari bangunan. Selain itu struktur baja merupakan struktur yang lebih ringan dan



lebih efisien dalam pengerjaan pembangunan dibandingkan dengan struktur beton bertulang, karena mudah dan cepat dalam proses pengerjaan pembangunan.

Office Biliton Surabaya yang digunakan sebagai objek tugas akhir direncanakan akan dibangun menggunakan material baja untuk balok berupa balok *octagonal castellated* dan beton komposit untuk kolom berupa kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) dengan jumlah lantai 22 lantai untuk akses dan lantai ke 23 yang difungsikan sebagai atap bangunan. Balok *octagonal castellated* dipilih, karena dapat digunakan untuk gedung bertingkat tinggi yang mempunyai bentang balok yang panjang sehingga dapat mengurangi jumlah kolom dan pondasi. Balok *octagonal castellated* dengan lebar profil yang lebih tinggi dari profil asalnya, akan menghasilkan momen inersia dan modulus section yang lebih besar sehingga lebih kuat dan kaku bila dibandingkan dengan profil asalnya. Pertimbangan untuk menggunakan *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) sebagai kolom adalah *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) juga dapat digunakan untuk gedung bertingkat tinggi. Pada kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT), beton yang di isi ke dalamnya dapat menambah kekuatan dan kekakuan kolom tersebut. Selain itu proses pengerjaan pembangunannya menjadi lebih efisien dengan berkurangnya bekisting untuk beton dan perancah.

Office Biliton Surabaya yang digunakan sebagai objek tugas akhir sesuai dengan elemen struktur utama yang direncanakan, juga harus digolongkan berdasarkan kategori desain seismiknya. Dari data tanah Office Biliton Surabaya didapatkan hasil nilai parameter percepatan respons spektral pada periode pendek ( $S_{DS}$ ) sebesar 0,61 untuk kategori risiko bangunan II, maka bangunan tersebut termasuk dalam kategori desain seismik D yang

berarti direncanakan menggunakan sistem rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus.

## 1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang dihadapi dalam Tugas Akhir ini adalah :

### Perumusan Masalah Utama :

Bagaimana merencanakan modifikasi struktur gedung menggunakan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) dan balok *octagonal castellated*?

### Perumusan Masalah Detail :

1. Bagaimana menentukan preliminary design struktur gedung menggunakan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) dan balok *octagonal castellated*?
2. Apa saja beban-beban yang bekerja pada struktur gedung yang menggunakan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) dan balok *octagonal castellated*?
3. Bagaimana menganalisa gaya-gaya yang bekerja dalam struktur gedung yang menggunakan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) dan balok *octagonal castellated* dengan menggunakan program bantu SAP 2000?
4. Bagaimana mengontrol desain struktur gedung menggunakan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) dan balok *octagonal castellated*?
5. Bagaimana menuangkan hasil perhitungan dan perencanaan kedalam gambar teknik?

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah :

#### Tujuan Utama

Mampu merencanakan modifikasi struktur gedung menggunakan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) dan balok *octagonal castellated*

#### Tujuan Detail

1. Mampu menentukan preliminary design struktur gedung menggunakan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) dan balok *octagonal castellated*.
2. Mampu menghitung beban-beban yang bekerja pada struktur gedung yang menggunakan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) dan balok *octagonal castellated*.
3. Mampu menganalisa gaya-gaya yang bekerja dalam struktur gedung yang menggunakan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) dan balok *octagonal castellated* dengan menggunakan program bantu SAP 2000.
4. Mampu melakukan kontrol desain struktur gedung menggunakan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) dan balok *octagonal castellated*.
5. Mampu menuangkan hasil perhitungan dan perencanaan kedalam gambar teknik.

### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Perencanaan ini hanya membahas struktural dan tidak membahas manajemen konstruksi.
2. Perencanaan ini tidak membahas tentang analisa biaya dan pelaksanaan di lapangan.
3. Perencanaan ini tidak membahas tentang sistem utilitas bangunan.

### **1.5 Manfaat**

Manfaat dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah :

1. Mendapatkan suatu desain bangunan gedung yang mampu menahan gempa, khususnya pada wilayah kategori desain seismik D.
2. Mendapatkan gambaran tentang perhitungan gedung dengan sistem rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus yang menggunakan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) dan balok *octagonal castellated*.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB II

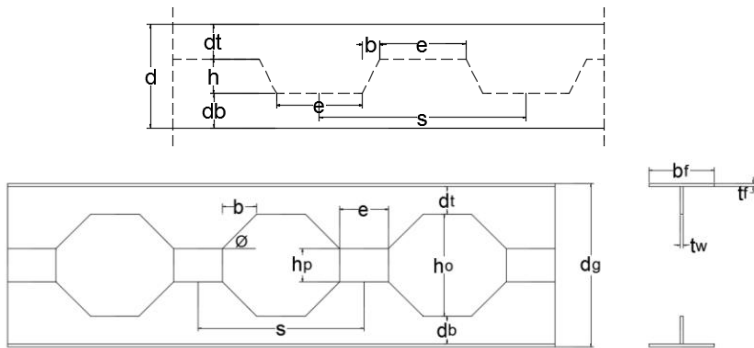
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Umum

Pada tugas akhir ini “Gedung Office Biliton Surabaya” yang semula menggunakan konstruksi beton bertulang akan dimodifikasi menjadi konstruksi baja dengan menggunakan balok *octagonal castellated* dan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT).

#### 2.2 Profil Baja *Octagonal Castellated*

Profil baja *octagonal castellated* adalah profil baja I yang kemudian pada bagian badannya dipotong memanjang dengan pola zig-zag. Kemudian bentuk dasar baja diubah dengan cara menggeser atau membalik setengah bagian profil baja yang telah dipotong. Bagian ‘gigi-gigi’ profil disambung dengan pelat baja menggunakan sambungan las. Sehingga terbentuk profil baru dengan lubang berbentuk segi delapan (Grunbauer, 2001).



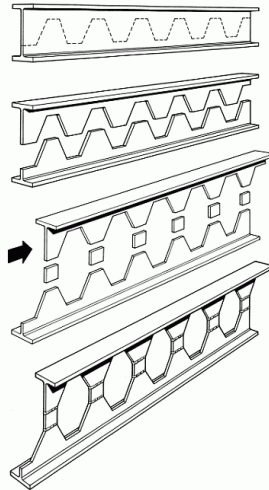
**Gambar 2.1** Geometri Octagonal Castellated

##### 2.2.1 Proses Fabrikasi Profil *Octagonal Castellated*

Proses fabrikasi dari octagonal castellated diuraikan sebagai berikut (Grunbauer, 2001):

1. Badan profil dibuat dicetakan hot-rolled (cetakan panas) berbentuk I dengan pola pemotongan zig – zag.

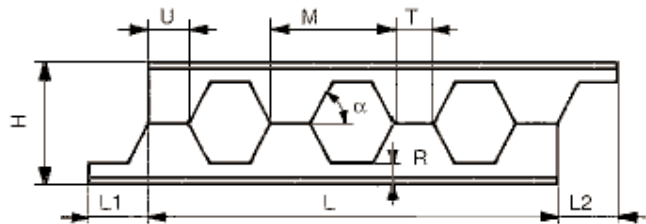
2. Setengah hasil potongan digeser, ujung atas kanan dilas dengan ujung bawah kiri, dan sebaliknya. Untuk menghasilkan lubang berbentuk segi delapan (*octagonal*) maka disisipkan plat segi empat di kedua sisi.



**Gambar 2.2** Pembuatan Profil Octagonal Castellated

Ada 4 ( empat ) tipe pemotongan balok berdasarkan dimensi U dan T (Grunbauer 2001), yaitu :

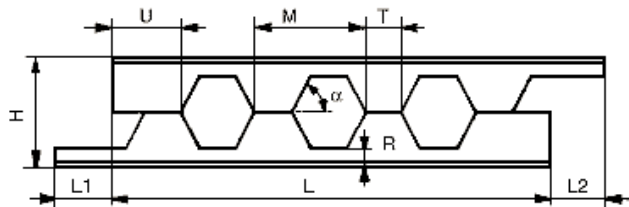
1. *Beam ends left ragged,  $U = T$  (Simple and cheap, but not convenient to use)*  
Pemotongannya mudah, sederhana dan murah, tetapi kurang baik digunakan.



**Gambar 2.3** Beam ends left ragged,  $U = T$

2. *Beam ends left ragged,  $U > T$  (Longer ends, but not very effective)*

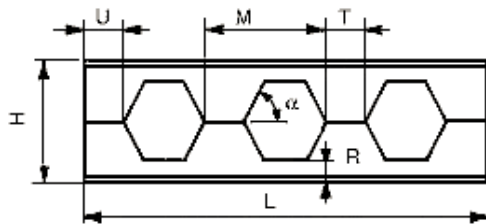
Tipe pemotongan ini menghasilkan ujung potongan yang panjang tetapi tidak efektif.



**Gambar 2.4** Beam ends left ragged,  $U > T$

3. *Beam ends finished,  $U = T$  (Nice finish, dearer due to extra cutting operation and material waste)*

Tipe pemotongan ini menghasilkan potongan yang baik (rapi) serta menghemat material (tidak banyak bahan yang terbuang).

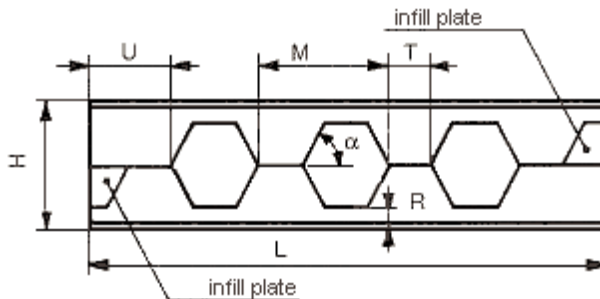


**Gambar 2.5** Beam ends finished,  $U = T$



4. *Beam ends finished with infill plates,  $U > T$  (Strong and rigid, but expensive)*

Tipe pemotongan ini menghasilkan profil *Castellated Beam* yang kuat dan kaku, tetapi mahal karena adanya penambahan plat.



**Gambar 2.6** Beam ends finished with infill plates,  $U > T$

### 2.2.2 Keuntungan dan Kekurangan Profil *Octagonal Castellated*

Ada beberapa keuntungan dari profil *octagonal castellated*, yaitu :

1. Dengan lebar profil yang lebih tinggi ( $d_g$ ), menghasilkan momen inersia dan modulus section yang lebih besar sehingga lebih kuat dan kaku bila dibandingkan dengan profil asalnya (Megharief 1997 dan Grunbauer 2001).
2. Mampu memikul momen lebih besar dengan tegangan ijin yang lebih kecil (Megharief 1997 dan Grunbauer 2001).
3. Bahan ringan, kuat serta mudah dipasang (Megharief 1997 dan Grunbauer 2001).
4. Profil *octagonal castellated* ini juga cocok untuk bentang panjang (untuk penggunaan *octagonal castellated* pada atap dapat mencapai 10 – 50 m dan bila digunakan sebagai plat 12– 25 m). Sehingga dapat mengurangi jumlah kolom dan pondasi, serta mengurangi biaya *erection* (pengangkatan) (Dougherty 1993).

5. Dapat digunakan untuk gedung tingkat tinggi, bangunan perindustrian (Amayreh dan Saka 2005).

Adapun kekurangan dari profil *octagonal castellated*, yaitu :

1. *Octagonal castellated* kurang tahan api. Sehingga harus ditambah dengan lapisan tahan api (fire proofing) 20% lebih tebal agar mencapai ketahanan yang sama dengan profil awalnya (Grünbauer, 2001).
2. Kurang kuat menerima gaya lateral, sehingga perlu diberi satu atau lebih plat pada ujung-ujung (dekat dengan pertemuan balok-kolom) (Grunbauer 2001).
3. Pada ujung-ujung bentang (di sudut-sudut profil) terjadi peningkatan pemusatan tegangan (stress concentrations) (Amayreh dan Saka 2005).
4. *Castellated Beam* tidak sesuai untuk bentang pendek dengan beban yang cukup berat (Amayreh dan Saka 2005).
5. Analisa dari defleksi lebih rumit daripada balok solid (Amayreh dan Saka 2005).

### 2.2.3 Kegagalan Profil *Castellated*

Ada beberapa teori kegagalan profil *castellated* yang dikemukakan oleh para peneliti sebelumnya, diantaranya:

1. Mekanisme Geser (*Vierendeel* atau *Shear Mechanism*)  
Mekanisme ini berbanding lurus dengan tegangan geser yang cukup tinggi pada balok. Sendi plastis terjadi pada ujung balok (*reentrant corners*) pada lubang dapat merubah bentuk bagian T (tee section) menjadi seperti jajar genjang (*parallelogram*) (Altifillisch 1957, Toprac dan Cook 1959). Lokasi kegagalan ini terjadi pada lubang yang menerima gaya geser terbedar.
2. Mekanisme Lentur (*Flexural Mechanism*)  
Titik leleh yang terjadi pada bagian T (tee section) bagian atas dan bawah pada ujung awal (the opening) profil *Castellated Beam* hampir sama dengan profil WF solid

pada kondisi under pure bending forces.  $M_p = Z' \times F_t$  ; dimana  $Z'$  adalah modulus plastis yang diambil melalui garis tengah vertikal pada lubang.

3. Tekuk Lateral Torsi pada Pelat Badan (*Lateral – Torsional – Buckling*)

Tekuk lateral torsi pada pelat badan profil biasanya terjadi pada balok bentang panjang yang memiliki penahan lateral yang cukup untuk menahan tekuk pada sayap. Nethercot dan Kerdal (1982) menyimpulkan bahwa pada tekuk lateral torsi dari efek lubang pada profil dapat diabaikan. Sehingga perencanaan tekuk lateral torsi dapat direncanakan sama dengan profil baja biasa.

4. Putusnya Sambungan Las (*Rupture of Welded Joint*)

Las pada jarak antara lubang yang satu dengan yang lainnya atau eksentrisitas (e) dapat mengalami *rupture* (putus) ketika tegangan geser horisontal melebihi kekuatan leleh dari pengelasannya (*welded joint*) (Husain dan Speirs 1971)

5. *Web Post Buckling due to Compression*

Kegagalan ini disebabkan oleh beban terpusat yang secara langsung dibebankan melebihi web-post. Kegagalan ini dapat dicegah bila penggunaan pengakunya diperkuat untuk menahan gaya tersebut.

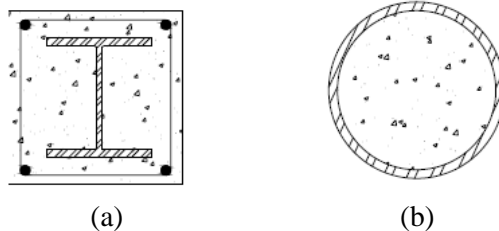
## 2.3 Kolom Komposit

Kolom komposit didefinisikan sebagai kolom baja yang dibuat dari potongan baja giling (rolled) built-up dan di cor di dalam beton struktural atau terbuat dari tabung atau pipa baja dan diisi dengan beton struktural (Salmon & Jonson, 1996).

Ada dua tipe kolom komposit, yaitu :

1. Kolom komposit yang terbuat dari profil baja yang diberi selubung beton di sekelilingnya (kolom baja berselubung beton).

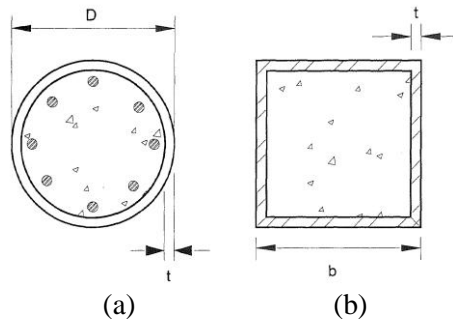
2. Kolom komposit terbuat dari penampang baja berongga (kolom baja berintikan beton).



(a) Profil Baja Dibungkus Beton      (b) Baja Berintikan Beton

**Gambar 2.7** Penampang Kolom Komposit

Salah satu contoh dari kolom komposit adalah *concrete filled steel tube* (CFT) atau kolom komposit dengan pelat baja merupakan sebuah teknologi terbaru yang saat ini sedang hangat-hangatnya diteliti. Yang menarik dari inovasi ini adalah teknologi memadukan kuat tekan beton dengan kuat tarik pelat baja, sehingga 2 material ini dapat saling menguatkan satu sama lain sebagai konstruksi yang kokoh.



(a) Penampang CTF Bulat      (b) Penampang CFT Persegi

**Gambar 2.8** Penampang kolom CFT

Kolom ini berupa kolom beton penuh terdiri dari tabung baja diisi dengan beton di tengahnya. Inti beton ini menambahkan

kekakuan serta mengurangi potensi tekuk local profil. Tulangan Baja menahan ketegangan, momen lentur dan geser. Pelat baja yang dipasang juga berguna sebagai kurungan atau penahan pada saat proses pengecoran beton.

### 2.3.1 Kriteria Kolom Komposit Bagi Komponen Struktur

#### Tekan

Kriteria untuk kolom komposit bagi komponen struktur tekan :

1. Luas penampang profil baja minimal sebesar 4% dari luas penampang komposit total.
2. Selubung beton untuk penampang komposit yang berintikan baja harus diberi tulangan baja longitudinal dan tulangan pengekang lateral. Tulangan baja longitudinal harus menerus pada lantai struktur portal, kecuali untuk tulangan longitudinal yang hanya berfungsi memberi kekangan pada beton. Jarak antar pengikat lateral tidak boleh melebihi  $\frac{2}{3}$  dari dimensi terkecil penampang kolom komposit. Luas minimum penampang tulangan transversal (atau longitudinal) terpasang. Tebal bersih selimut beton dari tepi terluar tulangan longitudinal dan transveersal minimal sebesar 40 mm;
3. Mutu beton yang digunakan tidak lebih 55 MPa dan tidak kurang dari 21 MPa untuk beton normal dan tidak kurang dari 28 MPa untuk beton ringan.
4. Tegangan leleh profil dan tulangan baja yang digunakan untuk perhitungan kekuatan kolom komposit tidak boleh lebih dari 380 MPa;
5. Tebal minimum dinding pipa baja atau penampang baja berongga yang diisi beton adalah  $b \sqrt{\frac{f_y}{3E}}$  untuk setiap sisi selebar b pada penampang persegi.

### **2.3.2 Kentungan dan Kekurangan Kolom Rectangular Concrete Filled Steel Tube**

Sistem kolom RCFT mempunyai banyak keuntungan daripada baja dan beton bertulang yang dipisah (Morino et al, 2001). Keuntungan utamanya sebagai berikut:

1. Interaksi antara pipa baja dengan beton:
  - a) Peristiwa tekuk lokal dari pipa baja akan lambat, dan pengurangan kekuatan akibat tekuk lokal akan ditahan oleh beton.
  - b) Kekuatan beton akan bertambah akibat penggabungan dengan pipa baja.
  - c) Penyusutan dan retak dari beton akan jauh lebih kecil dari beton bertulang.
2. Penampang:
  - a) Rasio baja dari RCFT jauh lebih banyak dari beton bertulang
  - b) Baja dari penampang RCFT berperilaku plastis dengan baik saat tertekuk karena baja di penampang terluar.
3. Efisiensi konstruksi:
  - a) Tidak memerlukan tulangan dan bekisting sehingga tidak memerlukan banyak tenaga manusia dan menghemat biaya konstruksi
  - b) Tempat konstruksi terjaga tetap bersih
4. Tahan kebakaran:
  - a) Beton meningkatkan performa anti kebakaran yang dapat mengurangi jumlah bahan tahan api.

Sedangkan kelemahan dari inovasi ini dikarenakan hubungan antara baja dan beton yang kompleks membuat lebih mahal dalam pembuatan sambungan.

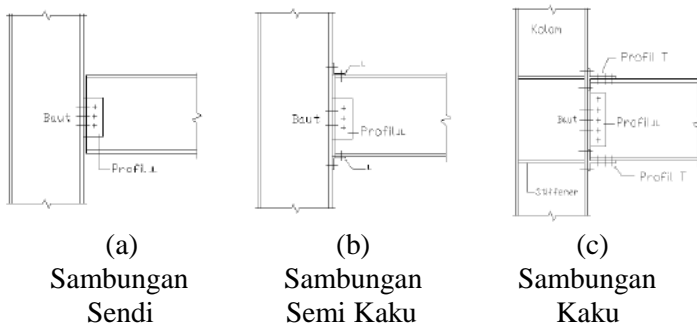
## **2.4 Sambungan**

Sambungan terdiri dari komponen sambungan (pelat pengisi, pelat buhul, pelat pendukung, dan pelat penyambung) dan alat pengencang (baut dan las).

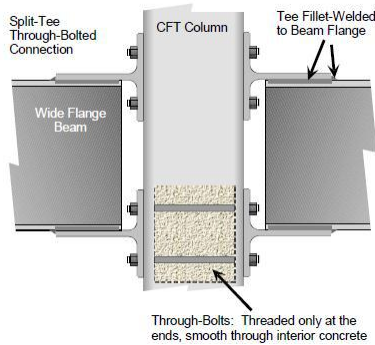
### 2.4.1 Klasifikasi Sambungan

Klasifikasi Sambungan :

1. Sambungan kaku/*rigid connection* adalah sambungan yang dianggap memiliki kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut-sudut di antara komponen-komponen struktur yang akan disambung.
2. Sambungan semi kaku/*semi rigid connection* adalah sambungan yang tidak memiliki kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut-sudut diantara komponen-komponen struktur yang disambung, namun harus dianggap memiliki kapasitas yang cukup untuk memberikan kekangan yang dapat diukur terhadap perubahan sudut-sudut tersebut
3. Sambungan sendi/*simple connection* adalah sambungan yang pada kedua ujung komponen struktur dianggap bebas momen. Sambungan sendi harus dapat berubah bentuk agar memberikan rotasi yang diperlukan pada sambungan. Sambungan tidak boleh mengakibatkan momen lentur terhadap komponen struktur yang disambung.



**Gambar 2.9** Sambungan Pada Baja Wide Flange



**Gambar 2.10** Sambungan Pada *Rectangular Concrete Filled Steel Tube (RCFT)*

#### 2.4.2 Persyaratan Utama Desain Sambungan

Ada beberapa persyaratan utama untuk desain sambungan balok-kolom di ACI 318 Code (2005) [5]:

1. Kekuatan lentur harus memenuhi rasio  $M_R$

$$M_R = \frac{\sum M_c}{\sum M_b} \geq \frac{6}{5} \quad (2.1)$$

Di mana  $\sum M_c$  dan  $\sum M_b$  adalah jumlah kapasitas momen nominal kolom dan balok. Persyaratan ini untuk memenuhi filsafat “*strong column weak beam*”.

2. Untuk pemberhentian tulangan pada sambungan exterior, sisa tulangan yang dibengkokkan  $\ell_{dh}$  pada balok tidak boleh kurang dari nilai yang terbesar antara  $8 d_b$  atau 150 mm, dan panjang  $\ell_{dh}$  ditentukan oleh

$$\ell_{dh} = \frac{f_y d_b}{5,4 \sqrt{f'_c}} \quad (2.2)$$

Dimana  $f_y$  adalah kuat leleh,  $d_b$  adalah diameter tulangan, dan  $f'_c$  adalah kekuatan beton (dalam MPa).



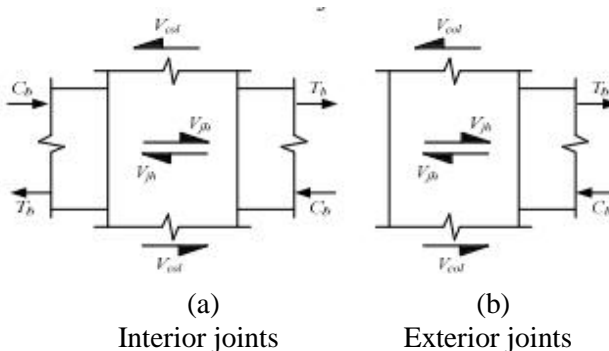
3. Desain gaya geser yang bekerja pada sambungan tidak akan melebihi batas tertentu berdasarkan geometri dan batasan sambungan. Untuk sambungan balok-kolom interior yang terkena beban gempa, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.11(a), gaya geser horizontal sambungan dihitung dengan rumus :

$$V_{jh} = T_b + C_b - V_{col} \quad (2.3)$$

Sementara untuk sambungan balok-kolom eksterior yang terkena beban gempa, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.8(b) dihitung dengan rumus:

$$V_{jh} = T_b - V_{col} \quad (2.4)$$

Dimana  $T_b$  adalah gaya tarik pada tulangan balok,  $C_b$  adalah gaya tekan pada beton, dan  $V_{col}$  adalah gaya geser horizontal kolom di bagian atas sambungan.



**Gambar 2.11** Gaya yang bekerja pada sambungan balok-kolom (Hwang dan Lee,1999)

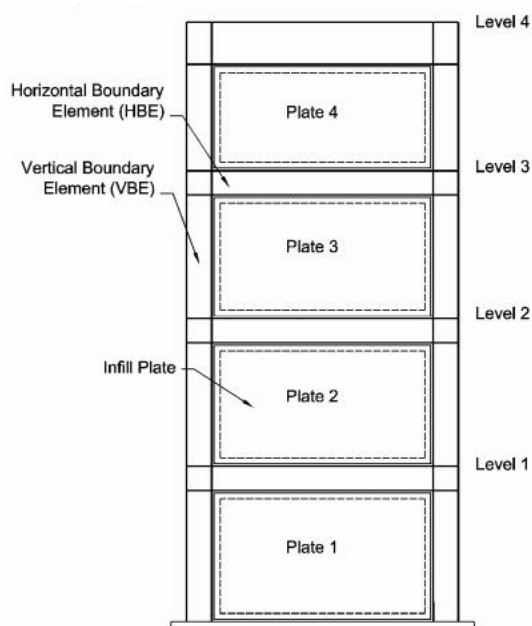
## 2.5 Steel Plate Shear Wall

Dinding geser plat baja (steel plate shear wall) adalah sebuah sistem penahan beban lateral yang terdiri dari plat baja vertikal padat yang menghubungkan balok dan kolom disekitarnya yang terpasang sepanjang ketinggian struktur membentuk sebuah

dinding penopang (Breman). Dinding geser plat baja mempunyai keuntungan dalam berbagai hal, contohnya dalam biaya, daktilitas, kekakuan awal yang tinggi, proses pengerjaan yang cepat di lapangan, dan juga dalam hal pengurangan beban gempa, namun fungsi utama dari dinding geser plat baja ini adalah untuk menahan beban lateral dan beban-beban horizontal yang terjadi.

### **2.5.1 Desain Steel Plate Shear Wall**

Dinding geser plat baja terdiri dari batang vertikal yang disebut dengan kolom (Vertical Boundary Elements (VBE)), batang horizontal yang disebut dengan balok (Horizontal Boundary Elements (HBE)), dan plat pengisi tipis yang melengkung pada bidang geser dan membentuk bidang diagonal untuk menahan beban gempa. Dinding geser plat baja berfungsi sebagai web/badan, dan batang horizontal berfungsi sebagai pengaku (Astaneh 2000).

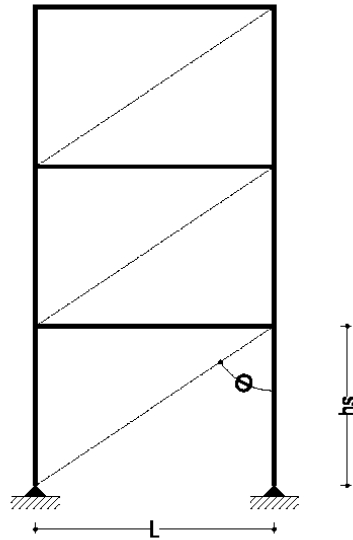


**Gambar 2.12** Dinding Geser Plat Baja (SPSW)

## 2.5.2 Model Steel Plate Shear Wall

### 2.5.1.1 *Equivalent Story Brace Model and Strip Model*

Perencanaan awal dilakukan dengan menggunakan plat pada setiap tingkat sebagai rangka yang dikenal dengan sebutan *equivalent story brace model* (model rangka yang sama pada setiap lantai), yang membentang di sepanjang garis diagonal batang.



**Gambar 2.13** *Equivalent Story Brace Model* (Thorburn et al, 1983)

Ketebalan plat pada luas penampang di setiap rangka per lantai dapat dihitung dengan menggunakan persamaan : (Thorburn et al, 1983)

$$\phi V_n = 0.90 \times 0.42 \times f_y \times t_w \times L_{cf} \times \sin(2\alpha) \quad (2.5)$$

Dimana :

$L$  = panjang bentang

$\alpha$  = sudut antara batang vertikal dan bidang diagonal  
Sudut kemiringan batang vertikal dengan bidang plat yang mengalami tarik ( $\alpha$ ), dihitung dengan rumus : (Timler dan Kulak, 1983)

$$\alpha = \tan^{-1} \sqrt[4]{\frac{1 + \frac{t \cdot L}{2A_c}}{1 + t \cdot h_s \cdot \left( \frac{1}{A_b} + \frac{h^3}{360 \cdot I_c \cdot L} \right)}} \quad (2.6)$$

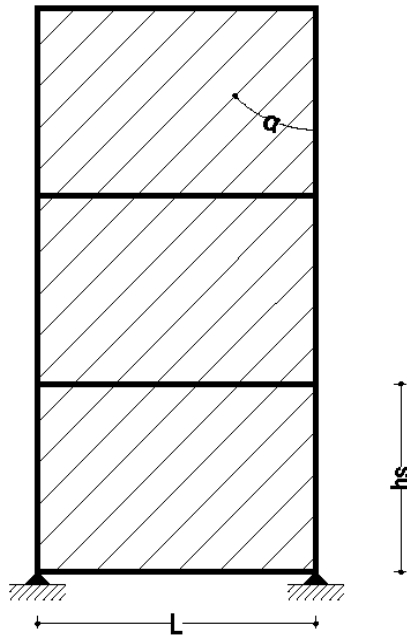
Dimana :

- t = ketebalan plat
- Ac = luas penampang kolom
- Ic = momen inersia kolom
- hs = tinggi tiap lantai
- Ab = luas penampang balok

Untuk mencegah terjadinya deformasi (lendutan) yang berlebihan yang dapat menyebabkan faktor tekuk berlebihan pada dinding geser plat baja, maka momen inerti kolom harus memenuhi persamaan :

$$I_c \geq \frac{0.00307 \cdot t \cdot h_s^4}{L} \quad (2.7)$$

Penelitian yang dilakukan oleh Thorburn et al (1983) dan diteruskan oleh Driver et al (1998) menunjukkan bahwa dinding geser plat baja direncanakan dengan menggunakan rangka yang berfungsi sebagai pengaku dengan sudut kemiringan tarik plat 30°-55°. Pada umumnya sudut yang digunakan adalah 45°, yang mana model tersebut mewakili plat sebagai batang tarik atau strip. Model itu dikenal dengan nama *strip model* atau *multistrip model*, seperti pada gambar 2.14, dimana sudut  $\alpha$  dihitung untuk menganalisis dinding geser plat baja dengan menggunakan persamaan 2.6.



**Gambar 2.14** *Strip Model (Driver et al, 1998)*

Pada tahun 2003, Berman dan Bruneau melakukan penelitian lanjutan dengan hasil bahwa idealnya dinding geser plat baja harus direncanakan sedemikian rupa sehingga semua panel dinding geser plat baja dapat meredam energi melalui deformasi inelastic ketika struktur terkena gempa. Oleh karena itu, ketebalan dari dinding geser plat baja pada tiap lantai harus ditentukan dengan gaya geser lantai yang sesuai. Untuk mengetahui ketebalan plat tersebut dapat digunakan persamaan : (Berman dan Bruneau, 2003)

$$t_w = \frac{\phi V_i}{0.9 \cdot 0.42 \cdot F_y \cdot L_{cf} \cdot \sin(2\alpha_i)} \quad (2.8)$$

$t_w$  = ketebalan platm perlantai

$V_n$  = gaya geser perlantai

$F_y$  = kuat tarik baja

$L$  = panjang bentang

$\alpha$  = sudut antara bidang tarik plat dan batang vertikal

Seperti telah disebutkan sebelumnya, kekuatan dinding geser plat baja dapat dicapai dengan baik ketika rangka yang mendukungnya kuat dan kaku dalam mengikat gaya tarik diagonal dari dinding geser plat baja. Untuk batang vertikal telah direkomendasikan bahwa momen inersia kolom ( $I_c$ ) harus memenuhi persamaan : (Montgomery and Medhekar, 2001)

$$0.7h \left( \frac{t_w}{2L \cdot I_c} \right)^{0.25} \leq 2.5 \quad (2.9)$$

Yang mana persamaan 2.9 tersebut mengarah ke persamaan 2.7.

Desain awal dari HBE didasarkan pada perbedaan antara komponen vertical kekuatan tarik yang dihasilkan dari badan plat atas dan di bawah HBE. Gaya ini didistribusikan sepanjang HBE dan mencapai nilai maksimum ketika dihasilkan oleh badan plat. Gaya ini dapat dihitung sebagai berikut:

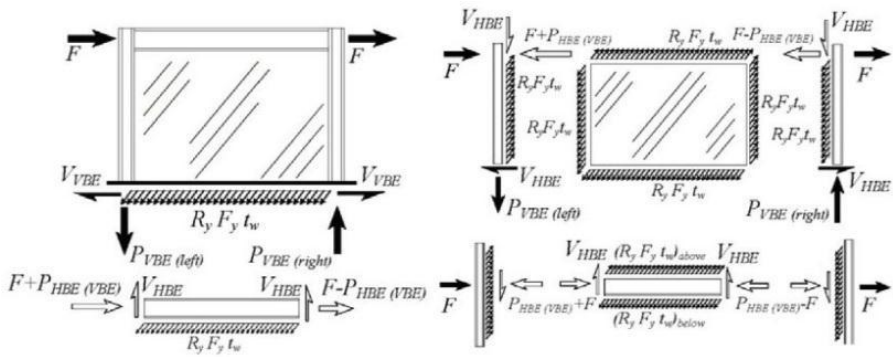
$$w_u = R_y F_y (t_i - t_{i+1}) \cos^2 \alpha \quad (2.10)$$

Dimana :

$R_y$  = Rasio tegangan leleh yang diharapkan, ditentukan oleh tegangan leleh minimum plat baja (AISC 2005a).

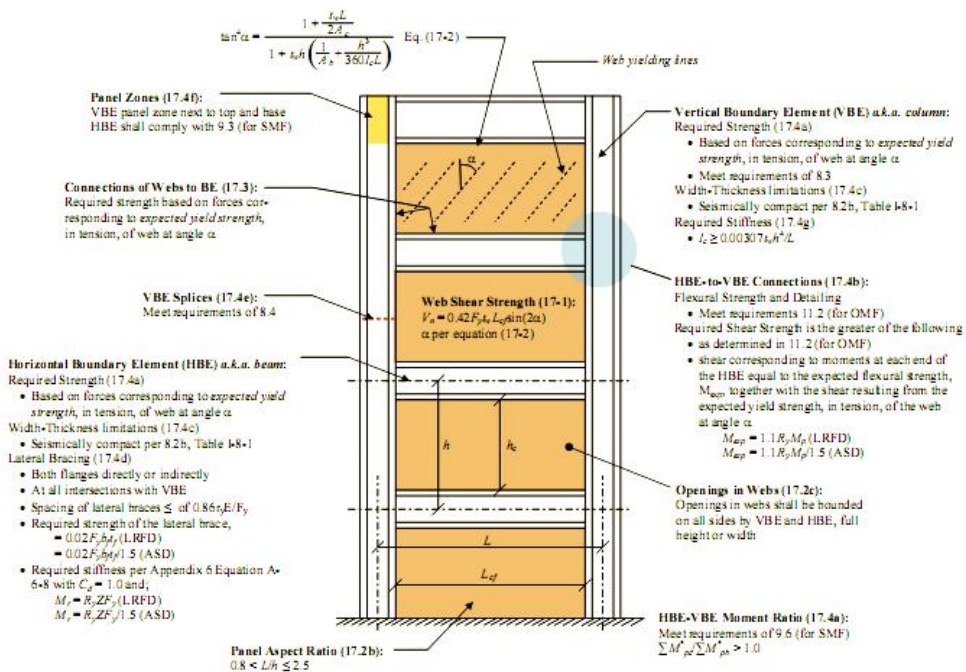
### 2.5.1.2 Orthotropic Membrane Model

Pada model ini, plat direncanakan dengan bentuk orthotropic (sifat elemen tergantung pada sumbu) dengan tekan yang berbeda dan perlawanan tarik dari plat. Sumbu lokal pada elemen ditetapkan untuk menghitung sudut tegangan tarik,  $\alpha$  (Ericksen dan Sabelli, 2008). Pola desain dan perencanaan gaya-gaya yang bekerja pada dinding geser ditunjukkan pada gambar 2.15 dan gambar 2.16.



**Gambar 2.15** Gaya-gaya yang Bekerja pada Dinding Geser Plat Baja





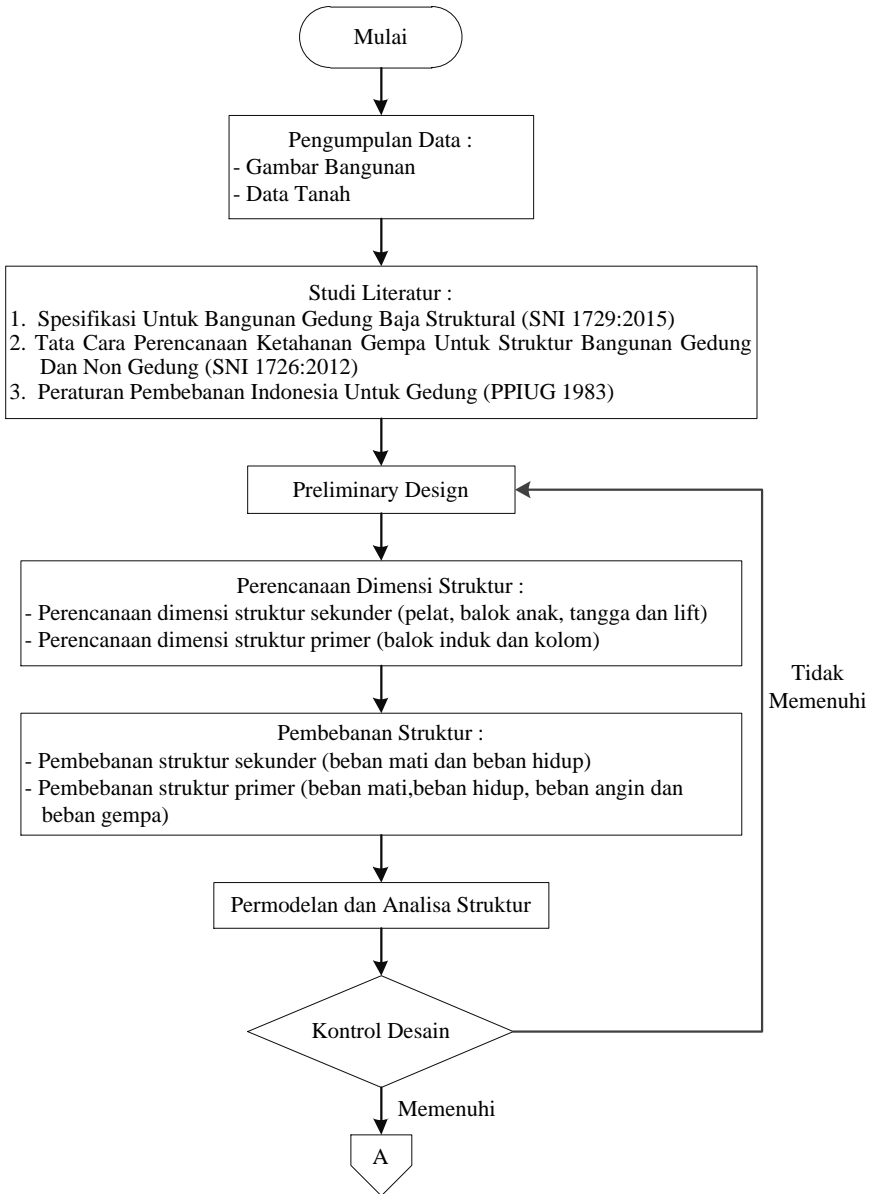
Gambar 2.16 Pola Dinding Geser Plat Baja

## **BAB III**

### **METODOLOGI**

#### **3.1 Bagan Alir Metodologi**

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini diperlukan metode dan urutan-urutan penyelesaian secara jelas dan sistematis. Oleh karena itu dibuatlah suatu metodologi yang dimaksudkan agar penyelesaian tugas akhir ini berjalan dengan baik. Urutan penyelesaian Tugas Akhir dapat dilihat pada bagan alir dibawah ini:





**Gambar 3.1** Bagan Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir

### 3.2 Metodologi Penyelesaian

Langkah-langkah dalam modifikasi perencanaan struktur gedung Office Biliton Surabaya dengan menggunakan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) dan balok *octagonal castellated* adalah sebagai berikut :

#### 3.2.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data untuk perencanaan gedung meliputi gambar struktur, gambar arsitek dan data tanah.

Data Umum Bangunan :

- Nama Gedung : Office Biliton
- Lokasi : Jalan Biliton no 5 Surabaya
- Fungsi : Kantor
- Jumlah Lantai : 23 lantai

- Tinggi Gedung : 79,90 meter
- Struktur Utama : Beton Bertulang

Data Modifikasi Bangunan :

- Nama Gedung : Office Biliton
- Lokasi : Jalan Biliton no 5 Surabaya
- Fungsi : Kantor
- Jumlah Lantai : 23 lantai
- Tinggi Gedung : 79,90 meter
- Struktur Utama : Kolom *Rectangular Concrete Filled Steel Tube* dan balok *Octagonal Castellated*
- Sistem Struktur : Sistem *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*
- Struktur Pondasi : Bored Pile

### 3.2.2 Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan antara lain mempelajari buku-buku pustaka, jurnal, studi penelitian terdahulu, maupun peraturan-peraturan yang dapat digunakan untuk perhitungan gedung seperti :

1. American Institute of Steel Construction-Load and Resistance Factor Design (AISC-LRFD).
2. Penelitian dan jurnal-jurnal tentang *Octagonal Castellated Beam, Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column*, dan *Steel Plate Shear Wall*.
3. Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2015).
4. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung (SNI 1726:2012).
5. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983).
6. Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013).
7. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013).

### 3.2.3 Preliminary Design

Preliminary design struktur sekunder dan struktur primer yang meliputi data-data perencanaan perkiraan dimensi awal dari elemen struktur, penentuan mutu bahan dan material yang digunakan. Preliminary design struktur sebagai berikut :

- a. Preliminary design struktur sekunder  
Preliminary design struktur sekunder meliputi perhitungan pelat, balok anak, tangga dan lift.
- b. Preliminary design struktur primer  
Preliminary design struktur primer meliputi :
  1. Balok Induk yang direncanakan menggunakan profil baja *Octagonal Castelled*.
  2. Kolom yang direncanakan menggunakan profil baja *Rectangular Concrete Filled Steel Tube* (CFT).

### 3.2.4 Pembebanan Struktur

Pembebanan pada struktur bangunan merupakan salah satu hal yang terpenting dalam perencanaan sebuah gedung. Kesalahan dalam perencanaan beban atau penerapan beban pada perhitungan akan mengakibatkan kesalahan yang fatal pada hasil desain bangunan tersebut. Untuk itu sangat penting merencanakan pembebanan pada struktur bangunan dengan sangat teliti agar bangunan yang didesain tersebut nantinya akan aman pada saat dibangun dan digunakan. Beberapa jenis beban yang ditinjau dalam perencanaan konstruksi bangunan, yaitu:

#### 1. Beban Mati

Beban mati ialah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu. (PPIUG 1983 pasal 1.01)

#### 2. Beban Hidup

Beban hidup ialah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan didalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang

yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Khusus pada atap ke dalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energy kinetic) butiran air. (PPIUG 1983 pasal 1.02)

### **3. Beban Angin**

Beban angin ialah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. (PPIUG 1983 pasal 1.03)

Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatip (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. (PPIUG 1983 pasal 4.1)

### **4. Beban Gempa**

Perhitungan beban gempa dilakukan dengan analisa respons spectrum yang mengacu pada peraturan gempa SNI 1726:2012. Respons spectrum adalah suatu diagram hubungan antara percepatan respons maksimum suatu system satu derajat kebebasan (SDK) akibat gempa tertentu, sebagai fungsi dari faktor redaman dan waktu getar alami.

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai tabel 3.1 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan  $I_e$  menurut tabel 3.2. Khusus untuk struktur bangunan dengan kategori risiko IV, bila dibutuhkan pintu masuk untuk operasional dari struktur bangunan yang bersebelahan, maka struktur bangunan yang bersebelahan tersebut harus didesain sesuai dengan kategori risiko IV.

**Tabel 3.1** Kategori Risiko I, II, dan III Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan</li> <li>- Fasilitas sementara</li> <li>- Gudang penyimpanan</li> <li>- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen/ rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>- Bangunan industri</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul>	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bioskop</li> <li>- Gedung pertemuan</li> <li>- Stadion</li> <li>- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas penitipan anak</li> <li>- Penjara</li> <li>- Bangunan untuk orang jompo</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>- Fasilitas penanganan air</li> <li>- Fasilitas penanganan limbah</li> <li>- Pusat telekomunikasi</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III



**Tabel 3.2** Kategori Risiko IV Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa (**Lanjutan**)

<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bangunan-bangunan monumental</li> <li>- Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> <li>- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> <li>- Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</li> <li>- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran ) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV
--	----

(SNI 1726:2012 Tabel 1)

**Tabel 3.3** Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(SNI 1726:2012 Tabel 2)

Dalam SNI 1726:2012 terdapat tahapan mendesain spektrum respon dengan menghitung persamaan-persamaan sesuai dengan periode. Dari parameter  $S_s$  (percepatan batuan dasar periode pendek) dan parameter  $S_1$  (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik), didapat parameter spektrum respon dengan menggunakan persamaan berikut :

$$S_{MS} = F_a S_s \quad (3.1)$$

$$S_{M1} = F_v S_1 \quad (3.2)$$

Dimana :

$S_{MS}$  = parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek

$S_{M1}$  = parameter spektrum respons percepatan pada periode 1 detik

$F_a$  = faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek

$F_v$  = faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik

**Tabel 3.4** Koefisien Situs,  $F_a$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS <sup>a</sup>				

**CATATAN:**

- (a) Untuk nilai-nilai antara  $S_s$  dapat dilakukan interpolasi linier  
 (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

(SNI 1726:2012 Tabel 4)

**Tabel 3.5** Koefisien Situs,  $F_v$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa $MCE_R$ terpetakan pada periode 1 detik, $S_1$				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS <sup>a</sup>				

**CATATAN :**

- (a) Untuk nilai-nilai antara  $S_1$  dapat dilakukan interpolasi linier  
 (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

(SNI 1726:2012 Tabel 5)

Setelah menghitung parameter spektrum respons, dapat dilakukan perhitungan parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek ( $S_{DS}$ ) dan pada perioda 1 detik ( $S_{D1}$ ) melalui perumusan berikut ini :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3.3)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (3.4)$$

Setelah menghitung parameter percepatan spektral desain, grafik respon spektrum dapat dibuat dengan ketentuan di bawah ini :

$$1. \text{ Untuk } T < T_0 : S_a = S_{DS} (0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0}) \quad (3.5)$$

$$2. \text{ Untuk } T_0 < T < T_s : S_a = S_{DS} \quad (3.6)$$

$$3. \text{ Untuk } T > T_s : S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3.7)$$

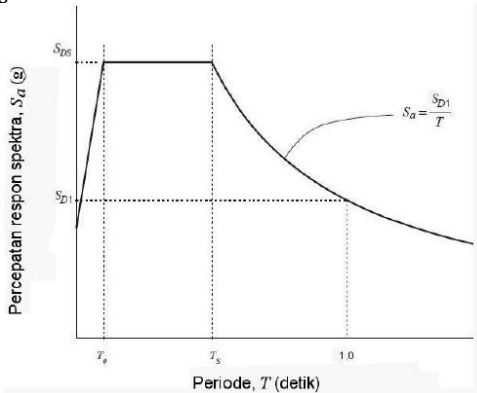
Dimana :

$T$  = perioda getar fundamental struktur.

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

(3.8)

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.9)$$



**Gambar 3.2** Spektrum Respons Desain

## 5. Kombinasi Pembebanan

Konfigurasi kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 2.3.2 dapat dilihat sebagai berikut :

- $1,4D$
- $1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$
- $1,2D + 1,6(Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
- $1,2D + 1,0W + L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$
- $1,2D + 1,0E + L$
- $0,9D + 1,0W$
- $0,9D + 1,0E$

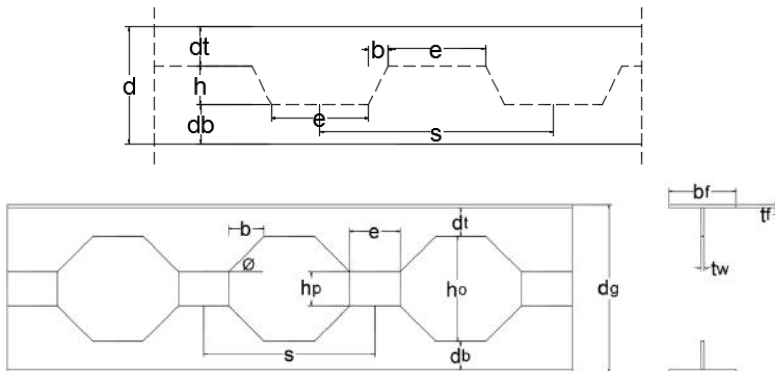
Dimana :

- D = Dead Load (Beban Mati)
- L = Life Load (Beban Hidup)
- E = EarthQuake Load (Beban Gempa)
- Lr = Life Roof (Beban Atap)
- R = Rainfall Load (Beban Hujan)
- W = Wind Load (Beban Angin)

## 3.2.5 Kontrol Dimensi Struktur

### 3.2.5.1 Perencanaan Castellated Beam

#### 1. Kontrol Penampang



**Gambar 3.3** Geometri Castellated Beam

Syarat lubang  $h_o$  (ASCE 4.5 hal. 3320)

$$h_o \leq 0,7 d_g \quad (3.10)$$

Syarat  $d_t$  dan  $d_b$  (ASCE 4.6 hal. 3320)

$$d_t \text{ dan } d_b \geq 0,15 d_g \quad (3.11)$$

#### Tekuk Lokal

$$\lambda_f = \frac{b}{2 \cdot t_f} \rightarrow \text{untuk sayap} \quad (3.12)$$

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} \rightarrow \text{untuk badan} \quad (3.13)$$

Berdasarkan **SNI 1729:2015 tabel B4.1b**, syarat penampang kompak tidak boleh melebihi :

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow \text{untuk sayap} \quad (3.14)$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow \text{untuk badan} \quad (3.15)$$

Cek persyaratan :

$$\lambda_f < \lambda_p \quad (3.16)$$

$$\lambda_w < \lambda_p \quad (3.17)$$

## **2. Kontrol Tekuk Badan Profil *Castellated Beam* (ASCE 4.2 hal 3319)**

a.  $\frac{d-2t_f}{t_w} < \frac{1365}{\sqrt{F_y}}$ ,  $F_y$  dalam MPa (3.18)

b.  $\frac{d-2t_f}{t_w} < \frac{1100}{\sqrt{F_y}}$ ,  $F_y$  dalam MPa (3.19)

Syarat :

$$\frac{a_o}{h_o} \leq 3 \quad (3.20)$$

untuk balok non-komposit dan balok komposit pada momen negatif :

$$V_m \leq \frac{2}{3} V_p \quad (3.21)$$

untuk balok komposit pada momen positif :

$$V_m \leq \frac{2}{3} V_p + V_c \quad (3.22)$$

$$c. \frac{1100}{\sqrt{F_y}} < \frac{d - 2t_f}{t_w} < \frac{1365}{\sqrt{F_y}}, F_y \text{ dalam MPa} \quad (3.23)$$

Syarat :

$$\frac{a_o}{h_o} \leq 2,2 \quad (3.24)$$

$$V_m \leq 0,45 V_p \quad (3.25)$$

Dimana :

$$V_p = \frac{F_y t_w d}{\sqrt{3}} \quad (3.26)$$

$$V_c = V_p \left( \frac{\mu}{v} - 1 \right) \geq 0 \text{ atau } V_{mt} \text{ (sh)} - V_{pt} \quad (3.27)$$

(pilih yang terkecil)

d. Parameter lubang

Syarat lubang (ASCE 4.2 hal. 3319)

$$p_o = \left( \frac{a_o}{h_o} \right) + \left( \frac{6 h_o}{d} \right) < 5,6 \quad (3.28)$$

untuk balok baja

$$p_o = \left( \frac{a_o}{h_o} \right) + \left( \frac{6 h_o}{d} \right) < 6,0 \quad (3.29)$$

untuk balok komposit

### 3. Momen Lentur Nominal Balok Non Komposit (ASCE 3.2 hal. 3327)

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.30)$$

$$M_p = Z_x \cdot F_y \quad (3.31)$$

$$\Delta A_s = h_o \cdot t_w \quad (3.32)$$

$$e = 0,25 \cdot h_o \quad (3.33)$$

$$M_n = M_p - \left[ F_y \Delta A_s \left( \frac{h_o}{4} + e \right) \right] \quad (3.34)$$

Dimana :

$M_n$  = momen lentur nominal balok

$h_o$  = tinggi lubang

$t_w$  = tebal plat badan

$e$  = eksentrisitas lubang

$F_y$  = kuat leleh baja

#### 4. **Kontrol Kuat Geser** (ASCE 3.3 hal. 3316)

Untuk tee atas dan tee bawah

$$V_{pt} = \frac{F_y t_w d}{\sqrt{3}} \quad (3.35)$$

$$av = \frac{(\sqrt{6} + \mu)}{(v + \sqrt{3})} \leq 1 \quad (3.36)$$

$$V_{nt} = \frac{(\sqrt{6} + \mu)}{(v + \sqrt{3})} V_{pt} \quad (3.37)$$

$$\text{Syarat : } V_{nt} \leq V_{pt} \quad (3.38)$$

Dimana :

$V_{nt}$  = kuat geser satu tee

$V_{pt}$  = kuat geser plastis satu tee

$\mu$  = 0

$v$  =  $\frac{0}{dt}$

#### 5. **Persamaan Interaksi Lentur dan Geser** (ASCE

3.1 hal. 3316)

$$\left( \frac{M_u}{\phi M_n} \right)^3 + \left( \frac{V_u}{\phi V_n} \right)^3 \leq 1 \quad (3.39)$$

#### 6. **Kontrol Jarak Antar Lubang**

$$s \geq h_o \quad (3.40)$$

Dimana :

$$s = 2 (b + e) \quad (3.41)$$

### 3.2.5.2 *Kuat Rencana Rectangular Concrete Filled Steel Tube*

Kolom komposit Rectangular Concrete Filled Steel Tube menerima kombinasi normal dan lentur.

#### 1. **Kriteria untuk Kolom Bagi Struktur Tekan**

- Kontrol luas penampang minimum profil baja

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% \geq 4\% \quad (3.42)$$

- Kontrol tebal minimum penampang baja berongga yang diisi beton

$$t \geq b \sqrt{\frac{f_y}{3E}} \quad (3.43)$$

#### 2. **Kuat Nominal Tekan Kolom Kompositi RCFT**

Batasan rasio lebar terhadap ketebalan untuk elemen baja tekan harus ditentukan sebagai berikut:

Untuk profil HSS yang diisi dengan beton dengan ketebalan profil baja sama di semua sisi.

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} \quad (3.44)$$

$$\lambda_p = 2.26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (kompak)} \quad (3.45)$$

$$\lambda_r = 3.00 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (tak kompak)} \quad (3.46)$$

$$5.00 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (maksimum yang diijinkan)} \quad (3.47)$$

Untuk komponen struktur komposit yang terisi beton

- Untuk penampang kompak

$$P_{no} = P_p \quad (3.48)$$



Dengan,

$$P_p = f_y A_s + C_2 f_c' \left( A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (3.49)$$

- Untuk penampang nonkompak

$$P_{no} = P_p - \frac{P_p - P_y}{(\lambda_r - \lambda_p)^2} (\lambda - \lambda_p)^2 \quad (3.50)$$

Dengan,

$$P_y = f_y A_s + 0.7 f_c' \left( A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (3.51)$$

- Untuk penampang langsing

$$P_{no} = f_{cr} A_s + 0.7 f_c' \left( A_c + A_r \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (3.52)$$

Penampang persegi diisi beton,

$$f_{cr} = \frac{9E_s}{\left( \frac{b}{t} \right)^2} \quad (3.53)$$

### 3. Amplifikasi Momen

Kekuatan lentur orde pertama yang diperlukan,  $M_r$ , dan ketentuan aksial,  $P_r$ , dari semua komponen struktur harus ditentukan sebagai berikut:

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_t \quad (3.54)$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_t \quad (3.55)$$

Ketrangan :

$B_1$  = Pengali untuk menghitung efek  $P-\delta$ ,  
ditentukan untuk setiap komponen struktur  
yang menahan tekan dan lentur.

$B_2$  = Pengali untuk menghitung efek  $P-\delta$ ,  
ditentukan untuk setiap tingkat dari struktur.

- $M_{lt}$  = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK.  
 $M_{nt}$  = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK.  
 $M_r$  = Momen lentur orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DBK.  
 $P_{lt}$  = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK  
 $P_{nt}$  = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK  
 $P_r$  = Kekuatan aksial orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK

• **Pengali  $B_1$  untuk Efek  $P-\delta$**

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_r}{P_{e1}}} \geq 1 \quad (3.56)$$

Dengan,

$\alpha$  = 1.00 (DFBK)

$C_m$  = koefisien dengan asumsi tanpa translasi lateral dari portal yang ditentukan sebagai berikut :

$$C_m = 0.6 - 0.4 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) \quad (3.57)$$

Dengan  $M_1$  dan  $M_2$  dihitung dari analisis orde pertama, adalah momen terkecil dan terbesar pada ujung-ujung dari bagian komponen.

$P_{e1}$  = Kekuatan tekuk kritis elastis komponen struktur dalam bidang lentur, dihitung berdasarkan asumsi tanpa translasi pada ujung-ujung komponen struktur.

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2} \quad (3.58)$$

Dengan,

$EI^*$  = kekakuan lentur yang diperlukan yang harus digunakan dalam analisis ( $= 0.8\tau_c EI$  bila digunakan dalam metode analisis langsung dengan  $\tau_c$  adalah seperti ditetapkan pada Bab C SNI 1729:2015 untuk panjang efektif dan metode analisis orde pertama)

$E$  = Modulus elastisitas baja 200000 MPa

$I$  = Momen inersia bidang lentur,  $\text{mm}^4$

$L$  = Panjang komponen struktur, mm

$K_1$  = faktor panjang efektif dalam bidang lentur, dihitung berdasarkan asumsi translasi lateral pada ujung-ujung komponen struktur.

• **Pengali  $B_2$  untuk Efek  $P-\Delta$**

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e\_story}}} \quad (3.59)$$

Dengan,

$\alpha$  = 1.00 (DFBK)

$P_{story}$  = Beban vertikal total didukung oleh tingkat menggunakan kombinasi beban DFBK yang sesuai, termasuk beban-beban dalam kolom-kolom yang bukan merupakan bagian dari sistem pernaahan gaya lateral.

$P_{e\_story}$  = Kekuatan tekuk kritis elastis untuk tingkat pada arah translasi yang diperhitungkan, ditentukan dengan analisis tekuk *sidesway* atau sebagai berikut:

$$P_{e\_story} = R_M \frac{HL}{\Delta_H} \quad (3.60)$$

Dengan,

$$R_M = 1 - 0.15 \left( \frac{P_{mf}}{P_{story}} \right)$$

$L$  = Tinggi tingkat, mm

$P_{mf}$  = Beban vertikal total pada kolom dalam tingkat yang merupakan bagian dari portal momen.

$\Delta_H$  = Simpangan tingkat dalam orde pertama.

$H$  = Geser tingkat, dalam arah translasi harus diperhitungkan, dihasilkan oleh gaya-gaya lateral yang digunakan untuk mengitung  $\Delta_H$ , N

#### 4. Momen Nominal

Momen nominal pada kolom diperhitungkan sama dengan balok dengan dua arah sumbu penampang yaitu x dan y.

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.61)$$

Keterangan:

$M_u$  = momen lentur terfaktor

$\phi$  = faktor tahanan = 0,9

$M_n$  = kuat nominal dari momen lentur penampang

Untuk profil HSS yang diisi dengan beton dengan ketebalan profil baja sama di semua sisi.

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} \quad (3.62)$$

$$\lambda_p = 1.12 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (kompak)} \quad (3.63)$$

$$\lambda_r = 1.40 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (tak kompak)} \quad (3.64)$$

Untuk komponen struktur berpenampang kotak/persegi

- Untuk penampang kompak

$$M_n = M_p = f_y Z \quad (3.65)$$

- Untuk penampang nonkompak

$$M_n = M_p - (M_p - f_y S) \left( 3.57 \frac{b}{t_f} \sqrt{\frac{f_y}{E}} - 4.0 \right) \leq M_p \quad (3.66)$$

- Untuk penampang langsing

$$M_n = f_y S_e \quad (3.67)$$

Dimana,

$S_e$  = Modulus penampang efektif yang ditentukan dengan lebar efektif,  $b_e$ , dari sayap yang diambil sebesar:

$$b_e = 1.92 t_f \sqrt{\frac{E}{f_y}} \left( 1 - \frac{0.38}{b/t_f} \sqrt{\frac{E}{f_y}} \right) \leq b \quad (3.68)$$

## 5. Persamaan Interaksi Aksial momen

Interaksi beban aksial tekan dan lentur pada bidang simstris komponen struktur komposit ditentukan berdasarkan

- Untuk  $\frac{P_r}{P_c} \geq 0.2$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0 \quad (3.69)$$

- Untuk  $\frac{P_r}{P_c} < 0.2$

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0 \quad (3.70)$$

Keterangan :

$P_r$  = Kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, N

$P_c = \phi_c P_n$  = Kekuatan aksial desain, N

$M_r$  = Kekuatan momen perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, Nmm

$M_c = \phi_b M_n$  = Kekuatan lentur desain, Nmm

$\phi_c$  = faktor ketahanan untuk tekan = 0.90

$\phi_b$  = faktor ketahanan untuk lentur = 0.90

### 3.2.6 Perencanaan Dinding Geser Pelat Baja (*Steel Plate Shear Wall*)

#### 1. Syarat Panel

$$0.8 < \frac{L}{b} < 2.5 \quad (3.71)$$

## 2. Kontrol Sudut kemiringan Tarik Plat $30^\circ < \alpha < 55^\circ$

$$\alpha = \tan^{-1} \sqrt[4]{\frac{1 + \frac{t \cdot L}{2A_c}}{1 + t \cdot h_s \cdot \left( \frac{1}{A_b} + \frac{h^3}{360 \cdot I_c \cdot L} \right)}} \quad (3.72)$$

Dimana :

$t$  = ketebalan plat

$A_c$  = luas penampang kolom

$I_c$  = momen inersia kolom

$h_s$  = tinggi tiap lantai

$A_b$  = luas penampang balok

Momen inesia kolom harus memenuhi persamaan berikut:

$$I_c \geq \frac{0.00307 \cdot t \cdot h_s^4}{L} \quad (3.73)$$

## 3. Kekuatan Geser Nominal Plat

$$V_n = 0.42 f_y t_w L_{cf} \sin 2\alpha \quad (3.74)$$

Dimana :

$t_w$  = ketebalan plat, mm

$L_{cf}$  = jarak bersih antar kolom, mm

### 3.2.7 Perencanaan Sambungan

#### 3.2.7.1 Sambungan Las (SNI 1729:2015 pasal J2.3.4)

$$R_u \leq \phi R_n \quad (3.75)$$

Tahanan terhadap Bahan Dasar Las

$$R_n = F_{nw} A_{we} \quad (3.76)$$

Tahanan terhadap Bahan Dasar Baja

$$R_n = F_{nBM} A_{BM} \quad (3.77)$$

Dimana :

$F_{nBM}$  = tegangan nominal dari logam dasar, MPa

$F_{nw}$  = tegangan nominal dari logam las, MPa

$A_{BM}$  = luas penampang logam dasar, mm<sup>2</sup>

$A_{we}$  = luas efektif las, mm<sup>2</sup>

### 3.2.7.2 Sambungan Baut (SNI 1729:2015 pasal J3.6)

$$R_u \leq \phi R_n \quad (3.78)$$

#### Kuat Geser Baut

$$R_n = F_n A_b \quad (3.79)$$

Dimana :

$F_n$  = tegangan tarik nominal,  $F_{nt}$  , atau tegangan geser,  $F_{nv}$  , (MPa)

$A_b$  = luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir (mm<sup>2</sup>)

#### Kuat Tumpu Baut

$$R_n = F_{nt} A_b \quad (3.80)$$

Dimana :

$F_{nt}$  = tegangan tarik nominal,  $F_{nt}$  , atau tegangan geser,  $F_{nv}$  , (MPa)

$A_b$  = luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir (mm<sup>2</sup>)

#### Kontrol Jarak Baut

$$\text{Jarak tepi min} = 1,5d_b \quad (3.81)$$

$$\text{Jarak tepi maks} = (4 t_p + 100 \text{ mm}) \quad (3.82)$$

atau 200 mm

$$\text{Jarak antar baut min} = 3 d_b \quad (3.83)$$

$$\text{Jarak antar baut maks} = 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \quad (3.84)$$

Dimana :

$d_b$  = diameter baut nominal pada daerah tak berulir

$t_p$  = tebal pelat lapis tertipis di dalam sambungan



### 3.2.8 Perencanaan Pondasi

Pondasi merupakan bagian dari suatu struktur bangunan yang dikategorikan sebagai struktur bangunan bawah. Fungsi utama pondasi adalah menerima beban atau gaya total dari suatu bangunan dimulai dari ujung atas bangunan hingga ujung bawah bangunan hingga sampailah gaya tersebut pada pondasi yang nantinya oleh pondasi akan diterima dan disalurkan ke dalam tanah kembali. Dalam perencanaan suatu pondasi yang baik tidak hanya pondasi harus kuat dan aman namun harus di tinjau dari segi efisien dan memungkinkan pelaksanaannya di lapangan.

#### 3.2.8.1 Perhitungan Tegangan Ijin Tanah

Perhitungan tegangan ijin tanah berdasarkan dari data SPT dengan menggunakan perhitungan dari buku Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi oleh Suyono Sosrodarsono, penerbit PT. Pradnya Paramita tahun 2000, Jakarta.

1. Harga  $N$  rata-rata dari tanah pondasi pada ujung tiang

$$N = \frac{N_1 + N_2}{2} \quad (3.85)$$

Dengan :

$N_1$  = harga  $N$  pada ujung tiang

$N_2$  = harga rata-rata pada jarak  $4D$  dari ujung tiang

2. Gaya geser maksimum dinding tiang

Hitung besarnya intensitas gaya geser dinding tiang (*friction*) berdasarkan jenis tanah yang ada dan jenis pondasi tiang yang digunakan

**Tabel 3.6** Intensitas gaya geser dinding tiang

(Satuan:  $t/m^2$ )

Jenis tanah pondasi \ Jenis tiang	Tiang pracetak	Tiang yang dicor di tempat
Tanah berpasir	$\frac{N}{5} (\leq 10)$	$\frac{N}{2} (\leq 12)$
Tanah kohesif	$c$ atau $N (\leq 12)$	$\frac{c}{2}$ atau $\frac{N}{2} (\leq 12)$

(Sosrodarsono, Kazuto Nakazawa, 2000)

Gaya geser maksimum dinding tiang ( $U \sum l_i f_i$ ) yang terjadi adalah

$$U \sum l_i f_i = \pi D \text{ friction} \quad (3.86)$$

Dimana :

D = Diameter tiang (m)

friction = intensitas gaya geser dinding tiang

3. Daya dukung ujung tiang

Hitung besarnya daya dukung ujung tiang ( $q_d \cdot A$ )

$$\frac{q_d}{N} = 20$$

$$q_d = 20 \cdot N$$

$$q_d \cdot A = 20 \cdot N \cdot A$$

$$q_d \cdot A = 20 \times N \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \quad (3.87)$$

4. Daya dukung ultimate ( $R_u$ )

$$R_u = q_d \cdot A + U \sum l_i f_i \quad (3.88)$$

5. Efisiensi Kelompok Tiang ( $E_g$ )

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 m n} \quad (3.89)$$

Dimana :

n = banyaknya baris tiang dalam satu pile cap

m = banyaknya tiang dalam satu baris

$\theta$  = arc tg D/s

D = Diameter tiang (m)

s = Jarak pusat antar tiang (m)

6. Daya dukung yang diijinkan

$$P_{ijin \text{ tanah}} = R_a = \frac{R_u}{n} \times E_g \quad (3.90)$$

Dimana :

n = faktor keamanan,

untuk beban tetap n = 3 dan

untuk beban sementara n = 2

### 3.2.8.2 Perhitungan Daya Dukung Pondasi Akibat Beban

Untuk perhitungan daya dukung pondasi, beban terpusat dan momen di dapat dari output SAP2000.

1. Tentukan letak masing-masing pondasi  
 $x$  = jarak tiang ke pusat berat kelompok tiang terhadap sumbu  $x$   
 $y$  = jarak tiang ke pusat berat kelompok tiang terhadap sumbu  $y$
2. Tentukan berapa beban terpusat dan momen yang terjadi  
 Beban terpusat dan momen di dapat dari output SAP2000 dengan kombinasi beban sementara.

3. Daya dukung akibat beban

$$P_{\text{akibat beban}} = \frac{V}{n} + \frac{M_1 \times y_i}{\sum y^2} + \frac{M_2 \times x_i}{\sum x^2} \quad (3.91)$$

Dimana :

$V$  = Gaya geser yang terjadi

$n$  = Jumlah tiang

$M_1$  = Momen searah sumbu  $x$

$M_2$  = Momen searah sumbu  $y$

4. Kontrol terhadap daya dukung ijin tanah  
 Kontrol daya dukung akibat beban terhadap daya dukung ijin tanah :

$$P_{\text{ijin tanah}} > P_{\text{akibat beban}} \quad (3.92)$$

### 3.2.8.3 Perhitungan Penulangan Lentur dan Geser Pondasi

Untuk perhitungan penulangan lentur *bored pile*, beban terpusat dan momen di dapat dari output SAP2000.

1. Penyusunan dan persentase tulangan lentur  
 Jumlah tulangan dan diameter tulangan lentur didapat dari desain yang dilakukan di software *pcaColumn*.

## 2. Kontrol desain tulangan lentur

- Luas tulangan  
Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 10.9.1, Luas tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari 0,01 Ag dan lebih dari 0,08 Ag.

$$0,01 \text{ Ag} \leq A_{st} \leq 0,08 \text{ Ag} \quad (3.93)$$

Dimana :

$$A_{st} = n \times \frac{1}{4} \pi \times d^2$$

$A_{st}$  = Luas total penampang longitudinal

$n$  = Jumlah tulangan

$d$  = Diameter tulangan longitudinal yang direncanakan

$$A_g = \frac{1}{4} \pi \times d^2$$

$A_g$  = Luas bruto penampang beton

$d$  = Diameter tiang bored pile

- Rasio tulangan  
Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 23.3.2, Kriteria rasio tulangan adalah 1%-6%, semakin kecil nilai rasio tulangan maka tulangan baja semakin efisien. Jadi, hasil output dari perencanaan menggunakan pcaColumn harus memenuhi persyaratan tersebut.
- Batas spasi  
Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 7.6.3, Jarak bersih antar tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari 40mm.  
Jadi, hasil output dari perencanaan menggunakan pcaColumn harus memenuhi persyaratan tersebut.

## 3. Perencanaan penulangan geser bored pile

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 10.9.3 Rasio volume tulangan spiral yang direncanakan:

$$\rho_s = 0,45 \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \times \frac{f_c}{f_{yt}} \quad (3.94)$$

Dimana :

$$A_g = \frac{1}{4} \pi \times d^2$$

$A_g$  = Luas bruto penampang beton

$$A_{ch} = \frac{1}{4} \pi \times \{d - (2 \times \text{decking})\}^2$$

$A_{ch}$  = Luas penampang komponen struktur yang diukur sampai tepi luar tulangan transversal

$d$  = Diameter tiang bored pile

$f'_c$  = Kuat tekan beton

$f_{yt}$  = Kuat leleh tulangan transversal

Rencanakan diameter tulangan transversal, kontrol jarak luas tulangan transversal:

$$S = \frac{A_s \times \pi \times (D_c - d_b)}{\frac{\pi}{4} \times D_c^2 \times \rho_s} < 150 \text{ mm} \quad (3.95)$$

Dimana :

$$A_s = \frac{1}{4} \pi \times d_b^2$$

$A_s$  = Luas tulangan transversal

$d_b$  = Diameter tulangan transversal yang direncanakan

$D_c$  =  $\{d - (2 \times \text{decking})\}$

$d$  = Diameter tiang bored pile

#### 3.2.8.4 Perencanaan Poer

##### 1. Kontrol tebal minimum poer

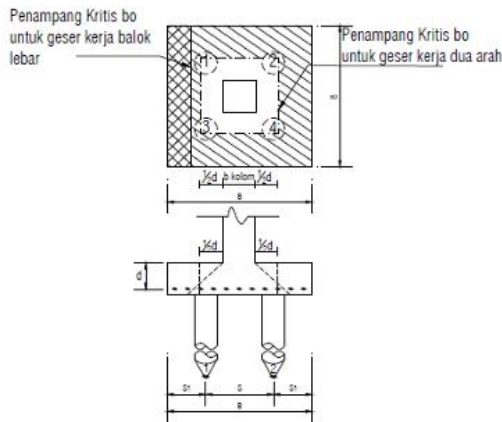
Menurut (SNI, 2013) tebal pondasi tapak diatas tulangan bawah tidak boleh kurang dari 150 mm untuk pondasi diatas tanah, atau kurang dari 300 mm untuk pondasi tapak (*footing*) diatas tiang pondasi.

##### 2. Kontrol geser pons pada pile cap akibat beban kolom

Kekuatan geser pondasi di sekitar kolom atau dinding yang dipikulnya harus ditentukan menurut mana yang lebih menentukan dari 2 (dua) kondisi tinjauan, baik sebagai kerja balok lebar satu arah maupun sebagai kerja dua arah.

Dengan kerja balok lebar, pondasi dianggap sebagai balok lebar dengan penampang kritis pada lebar sepenuhnya. Biasanya kondisi ini jarang menentukan dalam desain. Kerja dua arah pada pondasi dimaksudkan untuk memeriksa kekuatan geser pons.

Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh  $\frac{1}{2} d$  dari muka kolom yang dipikul pondasi.



**Gambar 3.4** Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Beban kolom

### 3. Kontrol geser satu arah

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.96)$$

$$V_n = V_c + V_s \quad (3.97)$$

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \quad (3.98)$$

### 4. Kontrol geser dua arah

Kuat geser yang disumbangkan beton diambil yang terkecil

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.99)$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.100)$$

$$V_c = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o}\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.101)$$

$$V_c = 0.33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.102)$$

Dimana :

$B_c$  = Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek penampang kolom

$\alpha$  = 40 untuk kolom dalam

= 30 untuk kolom tepi

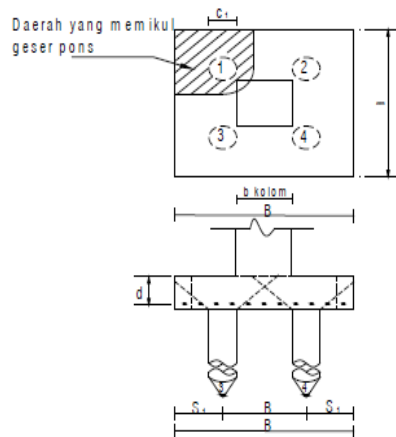
= 20 untuk kolom sudut

$B_0$  = Parameter penampang kritis

$d$  = Tinggi manfaat pelat

### 5. Kontrol geser pons pada poer akibat beban aksial dari bored pile

Kekuatan geser pondasi di daerah sekitar *bored pile* yang dipikul harus ditentukan dengan kerja dua arah pada pelat pondasi. Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh  $\frac{1}{2} d$  dari muka *bored pile*, yang mengelilingi *bored pile* yang dipikul oleh pelat pondasi. Untuk mencapai kondisi kerja balok dua arah, maka syarat jarak bored pile ke tepi harus lebih besar dari 1,5 kali diameter *bored pile* tersebut. Gambar 3.7 menjelaskan cara menentukan penampang kritis akibat aksial bored pile pada asumsi kerja dua arah.



**Gambar 3.5** Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Bored pile

Kuat geser yang disumbangkan beton:

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.103)$$

Jika,

$V_u < \phi V_c$  tidak perlu tulangan geser

$V_u > \phi V_c$  tebal poer tidak mencukupi

Dimana  $V_c$  diambil nilai terkecil dari persamaan:

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.104)$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.105)$$

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.106)$$

### 3.2.9 Penggambaran Hasil Perhitungan

Penggambaran hasil perhitungan struktur dalam bentuk Gambar Teknik dilakukan dengan menggunakan program bantu AutoCAD.



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB IV

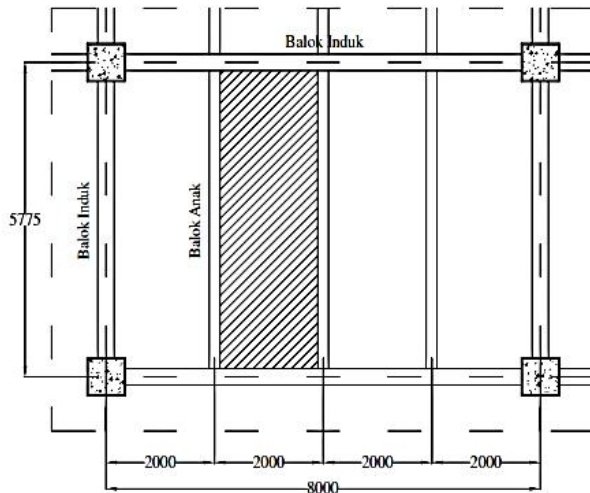
### PERHITUNGAN STRUKTUR SEKUNDER

#### 4.1. Perencanaan Dimensi Pelat Lantai Gedung

Perencanaan pelat lantai pada gedung ini menggunakan bantuan tabel perencanaan praktis dari SUPER FLOOR DECK. Spesifikasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Beban mati (berat sendiri bondek dan pelat beton) sudah diperhitungkan
- Berat berguna yang digunakan adalah jumlah beban hidup dan beban-beban finishing lainnya
- Beton menggunakan mutu  $f_c' = 25 \text{ MPa}$
- Bondex menggunakan tebal 0.75 mm

##### 4.1.1. Pelat Lantai Atap



**Gambar 4.1** Pelat Lantai Atap

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai atap ini menggunakan PPIUG 1983 dan SNI 1727:2013.

Beban Mati :

- Berat aspal 2 cm  $2 \times 14$  = 28 kg/m<sup>2</sup>
- Berat plafon + penggantung 11 + 7 = 18 kg/m<sup>2</sup>
- Berat *ducting* dan *plumbing* =  $\frac{10 \text{ kg/m}^2}{+}$
- $q_D$  = 56 kg/m<sup>2</sup>

Beban Hidup :

- Lantai atap  $q_L$  = 97.24 kg/m<sup>2</sup>

Beban Berguna :

- $Q_u = q_D + q_L = 56 + 97.24 = 153.24 \text{ kg/m}^2$

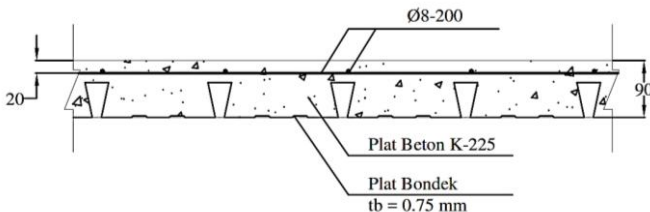
Data-data perencanaan pelat bondex

- Bentang = 2.00 m
- Beban berguna = 153.24 kg/m<sup>2</sup>
- Bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat 9 cm, dan tulangan negatif 1.07 cm<sup>2</sup>/m

Digunakan tulangan Ø8 ( $A_s = 0.503 \text{ cm}^2$ ) ( $f_y = 240 \text{ Mpa}$ )

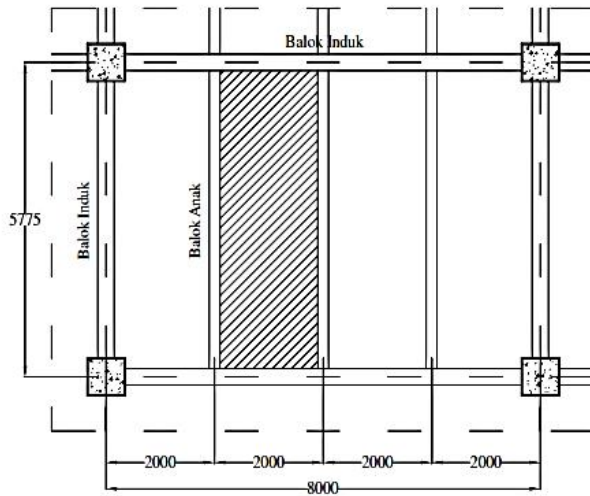
Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah :

- $n = \frac{1.07}{0.503} = 2.17$
- Jarak antar tulangan  $s = \frac{1000}{2.17} = 460.83 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$
- Jadi dipasang tulangan Ø8 – 200 mm
- 



**Gambar 4.2** Penulangan Pelat Atap

#### 4.1.2. Pelat Lantai Perkantoran



**Gambar 4.3** Pelat Lantai

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai ruangan ini menggunakan PPIUG 1983 dan SNI 1727:2013 .

Beban Mati :

- Berat spesi 2 cm 2 x 22 = 44 kg/m<sup>2</sup>
- Berat keramik 1 cm 1 x 24 = 24 kg/m<sup>2</sup>
- Berat plafon + penggantung 11 + 7 = 18 kg/m<sup>2</sup>
- Berat *ducting* dan *plumbing* = 10 kg/m<sup>2</sup> +
- $q_D = 96 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup :

- Lantai  $q_L = 488.24 \text{ kg/m}^2$

Beban Berguna :

- $Q_u = q_D + q_L = 96 + 488.24 = 584.24 \text{ kg/m}^2$

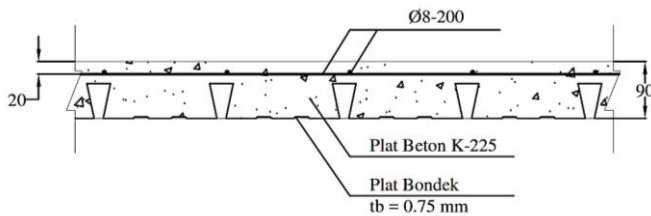
Data-data perencanaan pelat bondek:

- Bentang = 2.00 m
- Beban berguna = 584.24 kg/m<sup>2</sup>
- Bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat 9 cm, dan tulangan negatif 1.31 cm<sup>2</sup>/m

Digunakan tulangan Ø8 (As = 0.503 cm<sup>2</sup>) (fy = 240 MPa)

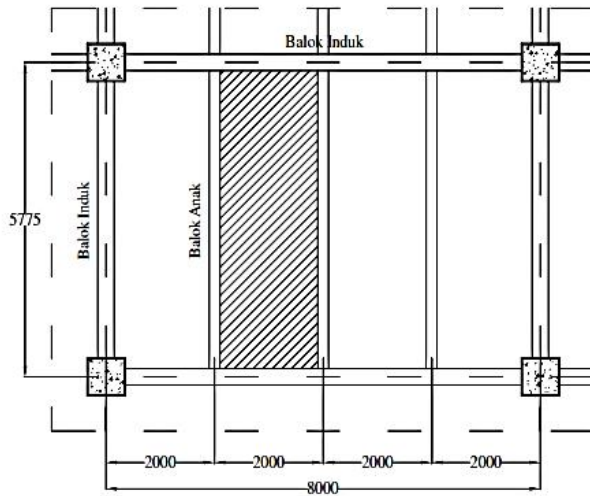
Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah :

- $n = \frac{1.31}{0.503} = 2.60$
- jarak antar tulangan =  $\frac{1000}{2.60} = 384.61 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$
- jadi dipasang tulangan tulangan Ø8 – 200 mm



**Gambar 4.4** Penulangan Pelat Lantai

### 4.1.3. Pelat Lantai Parkir



**Gambar 4.5** Pelat Lantai Parkir

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai parkir ini menggunakan PPIUG 1983 dan SNI 1727:2013.

Beban Mati :

- Berat aspal 2 cm  $2 \times 14$   $= 28 \text{ kg/m}^2$
- Berat plafon + penggantung  $11 + 7$   $= 18 \text{ kg/m}^2$
- Berat *ducting* dan *plumbing*  $= 10 \text{ kg/m}^2$  +
- $q_D = 56 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup :

- Lantai parkir  $q_L = 400 \text{ kg/m}^2$

Beban Berguna :

- $Q_u = q_D + q_L = 56 + 400 = 456 \text{ kg/m}^2$

Data-data perencanaan pelat bondex

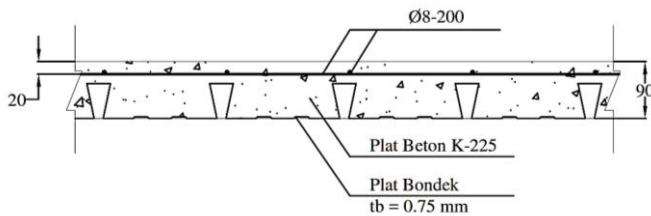
- Bentang  $= 2.00 \text{ m}$
- Beban berguna  $= 456 \text{ kg/m}^2$

- Bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat 9 cm, dan tulangan negatif  $1.31 \text{ cm}^2/\text{m}$

Digunakan tulangan Ø8 ( $A_s = 0.503 \text{ cm}^2$ ) ( $f_y = 240 \text{ MPa}$ )

Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah :

- $n = \frac{1.31}{0.503} = 2.60$
- jarak antar tulangan =  $\frac{1000}{2.60} = 384.61 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$
- jadi dipasang tulangan tulangan Ø8 – 200 mm



**Gambar 4.6** Penulangan Pelat Lantai Parkir

## 4.2. Perencanaan Balok Anak

Fungsi dari balok anak adalah meneruskan serta membagi beban yang dipikul pelat lantai ke balok induk. Balok anak didesain sebagai struktur sekunder sehingga dalam perhitungan tidak menerima beban lateral yang diakibatkan oleh gempa.

### 4.2.1. Balok Anak Lantai Atap

Menggunakan profil WF  $300 \times 150 \times 6.5 \times 9$

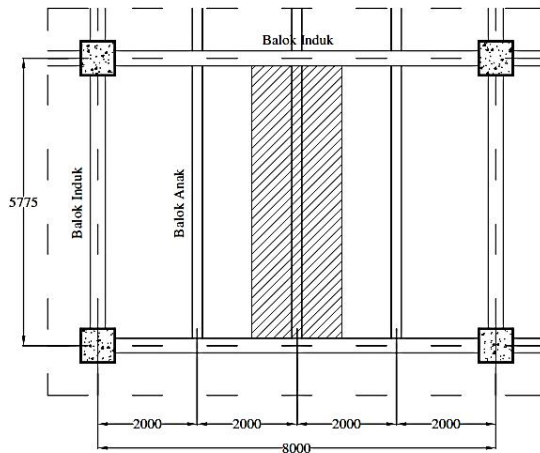
$$W = 36.70 \text{ kg/m} \quad r = 13 \text{ mm} \quad h_w = 300 - 2(9 + 13)$$

$$A = 46.78 \text{ cm}^2 \quad Z_x = 522 \text{ cm}^3 \quad = 256 \text{ mm}$$

$$t_w = 6.5 \text{ mm} \quad i_y = 3.29 \text{ cm} \quad b_f = 150 \text{ mm}$$

$$t_f = 9 \text{ mm} \quad I_x = 7210 \text{ cm}^4$$

$$d = 300 \text{ mm} \quad I_y = 508 \text{ cm}^4$$



**Gambar 4.7** Denah Balok Anak Lantai Atap

a. Pembebanan pada balok anak lantai atap

- Beban mati

Berat pelat bondek	= 10.10 kg/m <sup>2</sup>
Berat aspal 2 x 14	= 28 kg/m <sup>2</sup>
Berat beton 0.90 x 2400	= 216 kg/m <sup>2</sup>
Berat plafon + penggantung 11 + 7	= 18 kg/m <sup>2</sup>
Berat ducting dan plumbing	= 10 kg/m <sup>2</sup>
	<hr/>
	= 282.10 kg/m <sup>2</sup>

Berat perhitungan pelat lantai

$$282,1 \text{ kg/m}^2 \times 2.00 \text{ m} = 564.2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil} = 36.7 \text{ kg/m}$$

$$q_D = 600.9 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)

$$q_L = 2.00 \text{ m} \times 97.24 \text{ kg/m}^2 = 194.48 \text{ kg/m}$$

- Beban berfaktor :

$$\begin{aligned} q_U &= 1.2 q_D + 1.6 q_L \\ &= 1.2 (600.9) + 1.6 (194.48) = 1032.25 \text{ kg/m} \end{aligned}$$



b. Gaya dalam pada balok anak lantai atap

- Momen yang terjadi

$$\begin{aligned} M_U &= \frac{1}{8} \times q_U \times L^2 = \frac{1}{8} \times (1032.25) \times (8)^2 \\ &= 8257.98 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Gaya geser yang terjadi

$$\begin{aligned} V_U &= \frac{1}{2} \times q_U \times L = \frac{1}{2} \times (1032.25) \times (8) \\ &= 4128.99 \text{ kg} \end{aligned}$$

c. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

• Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{150}{2 \times 9} = 8.33$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.75$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 8.33 \leq 10.75 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{256}{6.5} = 39.38$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.34$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 39.38 \leq 106.34 \rightarrow \text{penampang badan kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 522 = 1305000 \text{ kgcm} \\ &= 13050 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 13050$$

$$= 11745 \text{ kgm} > 8257.98 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral  
Panjang tak terkekang adalah jarak *shear conector* sesuai tabel perencanaan bondex ( $L_b = 40$  cm).

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 3.29 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 163.77 \text{ cm}$$

$$L_b \leq L_p \rightarrow 40 \text{ cm} \leq 163.77 \text{ cm} \rightarrow \text{bentang pendek}$$

- Karena bentang pendek, maka  $M_n = M_p$   
 $M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 522 = 1305000 \text{ kgcm}$   
 $= 13050 \text{ kgm}$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 13050$$

$$= 11745 \text{ kgm} > 8257.98 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

- d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{256}{6.5} = 39.38 ; 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69.57$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 39.38 \leq 69.57$$

$$\text{maka } C_v = 1.00 ; \text{ sehingga}$$

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 \times 2500 \times (30 \times 0.65) \times 1.00 = 29250 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0.9 \times 29250$$

$$= 26325 \text{ kg} > 4128.99 \text{ kg} \dots \text{OK !}$$

e. Kontrol lendutan

$$L = 800 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{800}{240} = 3.33 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L)L^4}{E \times I_x} = \frac{5}{384} \times \frac{(6.009 + 1.945)800^4}{2 \times 10^6 \times 7210} = 2.94 \text{ cm}$$

$$f \leq f_{ijin} \rightarrow 2.94 \text{ cm} \leq 3.33 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

#### 4.2.2. Balok Anak Lantai Perkantoran

Menggunakan profil WF 350 × 250 × 8 × 12

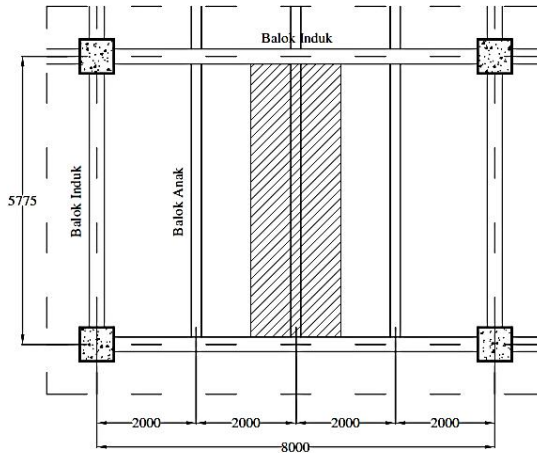
$$W = 69.2 \text{ kg/m} \quad r = 20 \text{ mm} \quad h_w = 350 - 2(12 + 20)$$

$$A = 88.15 \text{ cm}^2 \quad Z_x = 1163 \text{ cm}^3 \quad = 286 \text{ mm}$$

$$t_w = 8 \text{ mm} \quad i_y = 5.92 \text{ cm} \quad b_f = 250 \text{ mm}$$

$$t_f = 12 \text{ mm} \quad I_x = 18500 \text{ cm}^4$$

$$d = 350 \text{ mm} \quad I_y = 3090 \text{ cm}^4$$



**Gambar 4.8** Denah Balok Anak Lantai Perkantoran

a. Pembebanan pada balok anak lantai perkantoran

- Beban mati

$$\text{Berat pelat bondek} = 10.10 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat spesi } 2 \times 22 = 44 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat keramik } 1 \times 24 = 24 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat beton } 0.09 \times 2400 = 216 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat plafon + penggantung } 11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{array}{r} \text{Berat ducting dan plumbing} = 10 \text{ kg/m}^2 \\ \hline = 322.1 \text{ kg/m}^2 \end{array}$$

Berat perhitungan pelat lantai

$$322.1 \text{ kg/m}^2 \times 2.00 \text{ m} = 644.2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil} = 69.2 \text{ kg/m}$$

$$q_D = 713.4 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)

$$q_L = 2.00 \text{ m} \times 488.24 \text{ kg/m}^2 = 976.48 \text{ kg/m}$$

- Beban berfaktor :

$$\begin{aligned} q_U &= 1.2 q_D + 1.6 q_L \\ &= 1.2 (713.4) + 1.6 (976.48) = 2418.45 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

b. Gaya dalam pada balok anak lantai perkantoran

- Momen yang terjadi

$$\begin{aligned} M_U &= \frac{1}{8} \times q_U \times L^2 = \frac{1}{8} \times (2418.45) \times (8)^2 \\ &= 19347.58 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Gaya geser yang terjadi

$$\begin{aligned} V_U &= \frac{1}{2} \times q_U \times L = \frac{1}{2} \times (2418.45) \times (8) \\ &= 9673.79 \text{ kg} \end{aligned}$$

c. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{250}{2 \times 12} = 10.42$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.75$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 10.42 \leq 10.75 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{350}{8} = 35.75$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.34$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 35.75 \leq 106.34 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 1163 = 2907500 \text{ kgcm} \\ &= 29075 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 29075$$

$$= 26168 \text{ kgm} > 19347.58 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

Panjang tak terkekang adalah jarak *shear conector* sesuai tabel perencanaan bondex ( $L_b = 40 \text{ cm}$ ).

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 5.92 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 294.7 \text{ cm}$$

$$L_b \leq L_p \rightarrow 40 \text{ cm} \leq 294.7 \text{ cm} \rightarrow \text{bentang pendek}$$

- Karena bentang pendek, maka  $M_n = M_p$   
 $M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 1163 = 2907500 \text{ kgcm}$   
 $= 29075 \text{ kgm}$

- Cek kemampuan penampang  
 $\phi_b \cdot M_n \geq M_u$   
 $\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 29075$   
 $= 26168 \text{ kgm} > 19347.58 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$

d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{350}{8} = 35.75 ; 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69.57$$

$$\text{Karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 35.75 \leq 69.57$$

maka  $C_v = 1.00$ ; sehingga

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 \times 2500 \times (35 \times 0.8) \times 1 = 42000 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0.9 \times 42000$$

$$= 37800 \text{ kg} > 9673.79 \text{ kg} \dots \text{OK !}$$

e. Kontrol lendutan

$$L = 800 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{800}{240} = 3.33 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L)L^4}{E \times I_x} = \frac{5}{384} \times \frac{(7.13 + 9.76)800^4}{2 \times 10^6 \times 18500} = 2.44 \text{ cm}$$

$$f \leq f_{ijin} \rightarrow 2.44 \text{ cm} \leq 3.33 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

#### 4.2.3. Balok Anak Lantai Parkir

Menggunakan profil WF 350 × 250 × 8 × 12

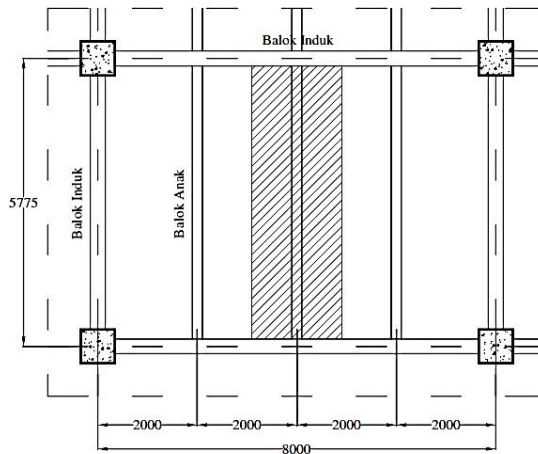
$$W = 69.2 \text{ kg/m} \quad r = 20 \text{ mm} \quad h_w = 350 - 2(12 + 20)$$

$$A = 88.15 \text{ cm}^2 \quad Z_x = 1163 \text{ cm}^3 \quad = 286 \text{ mm}$$

$$t_w = 8 \text{ mm} \quad i_y = 5.92 \text{ cm} \quad b_f = 250 \text{ mm}$$

$$t_f = 12 \text{ mm} \quad I_x = 18500 \text{ cm}^4$$

$$d = 350 \text{ mm} \quad I_y = 3090 \text{ cm}^4$$



**Gambar 4.9** Denah Balok Anak Lantai Parkir

##### a. Pembebanan pada balok anak lantai parkir

###### - Beban mati

$$\text{Berat pelat bondek} = 10.10 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat aspal } 2 \times 14 = 28 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat beton } 0.09 \times 2400 = 216 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat plafon + penggantung } 11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat ducting dan plumbing} = 10 \text{ kg/m}^2$$

---


$$= 282.10 \text{ kg/m}^2$$

Berat perhitungan pelat lantai

$$282.1 \text{ kg/m}^2 \times 2.00 \text{ m} = 564.2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil} = 69.2 \text{ kg/m}$$

$$q_D = 633.4 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)  
 $q_L = 2.00 \text{ m} \times 400 \text{ kg/m}^2 = 800 \text{ kg/m}$
- Beban berfaktor :  
 $q_U = 1.2 q_D + 1.6 q_L$   
 $= 1.2 (633.4) + 1.6 (800) = 2040.08 \text{ kg/m}$

b. Gaya dalam pada balok anak lantai parkir

- Momen yang terjadi  
 $M_U = \frac{1}{8} \times q_U \times L^2 = \frac{1}{8} \times (2040.08) \times (8)^2$   
 $= 16320.64 \text{ kgm}$
- Gaya geser yang terjadi  
 $V_U = \frac{1}{2} \times q_U \times L = \frac{1}{2} \times (2040.08) \times (8)$   
 $= 8160.32 \text{ kg}$

c. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal  
 Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{250}{2 \times 12} = 10.42$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.75$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 10.42 \leq 10.75 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{350}{8} = 35.75$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.34$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 35.75 \leq 106.34 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$



- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$   
 $M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 1163 = 2907500 \text{ kgcm}$   
 $= 29075 \text{ kgm}$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 29075$$

$$= 26168 \text{ kgm} > 16320.64 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

Panjang tak terkekang adalah jarak *shear conector* sesuai tabel perencanaan bondex ( $L_b = 40 \text{ cm}$ ).

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 5.92 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 294.7 \text{ cm}$$

$$L_b \leq L_p \rightarrow 40 \text{ cm} \leq 294.7 \text{ cm} \rightarrow \text{bentang pendek}$$

- Karena bentang pendek, maka  $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 1163 = 2907500 \text{ kgcm}$$

$$= 29075 \text{ kgm}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 29075$$

$$= 26168 \text{ kgm} > 16320.64 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

- d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{350}{8} = 35.75 ; 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69.57$$

$$\text{Karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 35.75 \leq 69.57$$

maka  $C_v = 1.00$ ; sehingga

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 \times 2500 \times (35 \times 0.8) \times 1 = 42000 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \emptyset V_n &\geq V_u \\
 \emptyset V_n &= 0.9 \times 42000 \\
 &= 37800 \text{ kg} > 8160.32 \text{ kg} \dots \text{OK !}
 \end{aligned}$$

e. Kontrol lendutan

$$L = 800 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{800}{240} = 3.33 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L)L^4}{E \times I_x} = \frac{5}{384} \times \frac{(6.33 + 8.00)800^4}{2 \times 10^6 \times 18500} = 2.07 \text{ cm}$$

$$f \leq f_{ijin} \rightarrow 2.07 \text{ cm} \leq 3.33 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

### 4.3. Perencanaan Tangga

Tangga merupakan bagian dari struktur bangunan bertingkat sebagai penunjang antara struktur bangunan lantai dasar dengan struktur bangunan tingkat atasnya. Pada gedung Office Biliton Surabaya ini struktur tangga direncanakan sebagai tangga darurat dengan menggunakan konstruksi dari baja.

#### 4.3.1. Tangga Lantai

- Tinggi antar lantai = 400 cm
- Panjang bordes = 290 cm
- Panjang tangga = 360 cm
- Lebar tangga = 135 cm
- Lebar injakan (i) = 30 cm
- Tinggi tanjakan (t) = 16 cm
- Lebar pegangan tangga = 20 cm
- Perencanaan jumlah injakan tangga :  
 Persyaratan-persyaratan jumlah injakan tangga  
 $60 \text{ cm} \leq (2t + i) \leq 65 \text{ cm}$   
 $25^\circ < \alpha < 40^\circ$   
 Dimana :  
 t = tinggi injakan (cm)

i = lebar injakan (cm)

a = kemiringan tangga

- Perhitungan jumlah injakan tangga

Tinggi injakan (t) = 16 cm

Jumlah tanjakan =  $\frac{(400/2)}{20} = 12.5 \text{ buah} \approx 13 \text{ buah}$

Jumlah injakan (n) = 13 - 1 = 12 buah

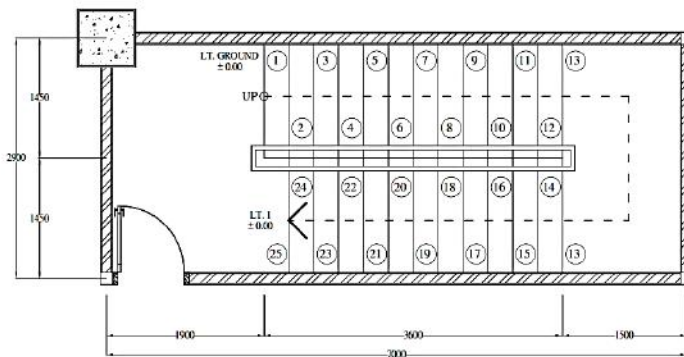
$60 \text{ cm} \leq (2 \times 16 + 30) \leq 65 \text{ cm}$

$60 \text{ cm} < (62) < 65 \text{ cm} \dots \text{OK} !$

Lebar bordes = 150 cm

Lebar tangga = 135 cm

$a = \text{arc tg} \left( \frac{400/2}{360} \right) = 29.05^\circ$



**Gambar 4.10** Denah Tangga

#### 4.3.2. Anak Tangga



**Gambar 4.17** Pelat Anak Tangga

a. Perencanaan tebal pelat anak tangga

$$\begin{aligned}\text{Tebal pelat tangga} &= 3 \text{ mm} \\ \text{Berat jenis baja} &= 7850 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Mutu baja BJ 41} &\rightarrow f_y = 2500 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Momen Inertia (I}_x) &= 0.0675 \text{ cm}^4\end{aligned}$$

- Perencanaan pembebanan pelat tangga

Beban mati

$$\begin{aligned}\text{Berat pelat} &= 0.003 \times 1.35 \times 7850 = 31.79 \text{ kg/m} \\ \text{Alat penyambung (10\%)} &= \frac{3.179 \text{ kg/m}}{q_D = 34.97 \text{ kg/m}} +\end{aligned}$$

Beban hidup (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)

$$q_L = 100 \text{ Psf} = 488.24 \text{ kg/m}^2$$

$$q_L = 488.24 \times 1.35 = 659.124 \text{ kg/m}$$

- Perhitungan  $M_D$  dan  $M_L$

$$M_D = 1/8 q_D l^2 = 1/8 \times 34.97 \times 0.30^2 = 0.39 \text{ kgm}$$

$$M_L = 1/8 q_L l^2 = 1/8 \times 659.124 \times 0.30^2 = 7.415 \text{ kgm}$$

$$M_L = 1/4 P_L l^2 = 1/4 \times 100 \times 0.30 = 7.50 \text{ kgm (menentukan!)}$$

- Perhitungan kombinasi pembebanan  $M_U$

$$M_U = 1.4 M_D = 1.4 \times 0.39 = 0.551 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned}M_U &= 1.2 M_D + 1.6 M_L = (1.2 \times 0.39) + (1.6 \times 7.5) \\ &= 12.468 \text{ kg.m (menentukan)}\end{aligned}$$

- Kontrol momen lentur

$$Z_x = 1/4 b h^2 = 0.25 \times 135 \times 0.30^2 = 3.0375 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= \phi Z_x \times f_y = 0.9 \times 3.0375 \times 2500 = 6834.375 \text{ kgcm} \\ &= 68.34 \text{ kgm}\end{aligned}$$

$$\text{Syarat : } \phi M_n > M_u$$

$$68.34 \text{ kgm} > 13.25 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 30 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{30}{240} = 0.125 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f &= \frac{5}{384} \times \frac{qL^4}{EI_x} + \frac{P_u L^3}{48EI_x} \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{(0.035+0.659) \times 30^4}{2 \times 10^6 \times 0.0675} + \frac{100 \times 30^3}{48 \times 2 \times 10^6 \times 0.0675} \\ &= 0.0959 \end{aligned}$$

$$f \leq f_{ijin} \rightarrow 0.064 \text{ cm} \leq 0.125 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

- b. Perencanaan pengaku anak tangga

Direncanakan menggunakan profil siku  $45 \times 45 \times 5$  dengan data sebagai berikut :

$$b = 45 \text{ mm} \quad I_x = 7.91 \text{ cm}^4 \quad i_y = 1.35 \text{ cm}$$

$$t_w = 5 \text{ mm} \quad I_y = 7.91 \text{ cm}^4 \quad i_x = 1.35 \text{ cm}$$

$$W = 3.38 \text{ kg/m} \quad A = 4.3 \text{ cm}^2$$

Perencanaan pembebanan:

Beban mati (1/2 lebar injakan)

$$\text{Berat pelat} = 0.15 \times 0.003 \times 7850 = 3.533 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat baja siku } 45 \times 45 \times 5 = 3.38 \text{ kg/m}$$

$$= 6.913 \text{ kg/m}$$

$$\text{Alat penyambung (10\%)} \quad \underline{\quad = 0.691 \text{ kg/m} \quad}$$

$$q_D = 7.604 \text{ kg/m}$$

Beban hidup (1/2 lebar injakan)

(Tabel 4-1. SNI 1727:2013)

$$q_L = 100 \text{ Psf} = 488.24 \text{ kg/m}^2$$

$$q_L = 488.24 \times 0.15 = 73.236 \text{ kg/m}$$

$$P_L = 100 \text{ kg}$$

- Perhitungan  $M_D$  dan  $M_L$

$$M_D = 1/8 \times q_D \times L^2$$

$$= 1/8 \times 7.604 \times 1.35^2 = 1.732 \text{ kgm}$$

$$M_L = 1/8 \times q_L \times L^2 \rightarrow \text{akibat beban merata}$$

$$= 1/8 \times 73.236 \times 1.35^2 = 16.684 \text{ kgm}$$

$$M_L = 1/3 \times P \times L \rightarrow \text{akibat beban terpusat}$$

$$= 1/3 \times 100 \times 1.35 = 45 \text{ kgm (menentukan)}$$

$$V_u = 1.2 \left( \frac{1}{2} \times q_D \times 1.35 \right) + 1.6 \left( \frac{1}{2} \times P \times 2 \right)$$

$$= 1.2 \left( \frac{1}{2} \times 7.604 \times 1.35 \right) + 1.6 \left( \frac{1}{2} \times P \times 2 \right)$$

$$= 166.159 \text{ kg}$$

- Perhitungan kombinasi pembebanan  $M_U$

$$M_U = 1.2 M_D + 1.6 M_L$$

$$= 1.2 \times 1.732 + 1.6 \times 45 = 74.078 \text{ kgm}$$

- Kontrol penampang profil

Pelat sayap :

$$\lambda = \frac{b_f}{t_f} = \frac{45}{5} = 9.00$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.74$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 9.00 \leq 10.74 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$Z_x = (t_f \times d) \frac{1}{2} d + (t_f (b - t_f)) \frac{1}{2} t_w$$

$$= (0.5 \times 4.5) \frac{1}{2} \times 5 + (0.5 (4.5 - 0.5)) \frac{1}{2} \times 0.5$$

$$= 6.125 \text{ cm}^3$$

$$\phi M_n = \phi Z_x \times f_y = 0.9 \times 6.125 \times 2500 = 13230 \text{ kgcm}$$

$$= 132.30 \text{ kgm}$$

$$\text{Syarat : } \phi M_n > M_u$$

$$132.30 \text{ kgm} > 74.078 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol kuat geser

$$\frac{b_f}{t_f} = \frac{(45-5)}{5} = 8.00; 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{1.2 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 34.08$$

$$\text{karena } \frac{b_f}{t_f} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 8.00 \leq 34.08$$

maka  $C_v = 1.00$ ; sehingga

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 \times 2500 \times (4.5 \times 0.5) \times 1.00 = 3375 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0.9 \times 3375 \\ &= 3037.5 \text{ kg} > 166.159 \text{ kg} \dots \text{OK !} \end{aligned}$$

- Kontrol lendutan

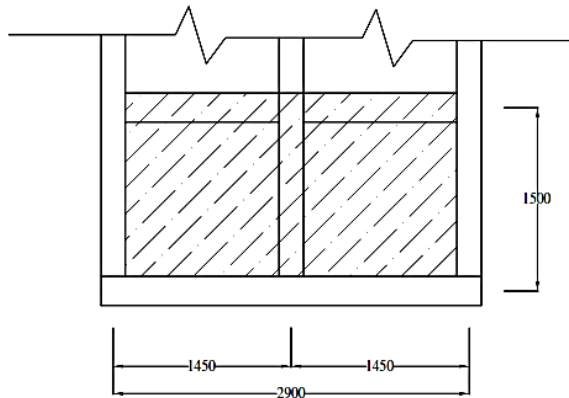
$$L = 135 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{135}{240} = 0.5625 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f &= \frac{5}{384} \times \frac{qL^4}{EI_x} + \frac{23}{684} \times \frac{P_u \times L^3}{EI_x} \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{0.809 \times 135^4}{2 \times 10^6 \times 7.91} + \frac{23}{684} \times \frac{100 \times 135^3}{2 \times 10^6 \times 7.91} \\ &= 0.544 \end{aligned}$$

$$f \leq f_{ijin} \rightarrow 0.544 \text{ cm} \leq 0.5625 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

### 4.3.3. Bordes Tangga



**Gambar 4.11** Denah Bordes

a. Pelat bordes

Tebal pelat bordes = 6 mm

Berat jenis baja = 7850 kg/m<sup>3</sup>

Mutu baja BJ 41 →  $f_y = 2500 \text{ kg/m}^2$

Momen Inertia ( $I_x$ ) = 2.34 cm<sup>4</sup>

- Perencanaan pembebanan pelat bordes

Beban mati

Berat pelat =  $0.006 \times 1.35 \times 7850 = 63.585 \text{ kg/m}$

Alat penyambung (10%) =  $\frac{6.3585 \text{ kg/m}}{10} +$   
 $q_D = 69.94 \text{ kg/m}$

Beban hidup (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)

$q_L = 100 \text{ Psf} = 488.24 \text{ kg/m}^2$

$q_L = 488.24 \text{ kg/m}^2 \times 1.35 \text{ m} = 659.124 \text{ kg/m}$

- Perhitungan  $M_D$  dan  $M_L$

$M_D = 1/8 \times q_D \times l^2$

$= 1/8 \times 69.94 \times (0.75)^2 = 4.92 \text{ kgm}$



$$M_L = 1/8 \times q_L \times l^2$$

$$= 1/8 \times 659.124 \times (0.75)^2 = 46.34 \text{ kgm}$$

- Kombinasi pembebanan  $M_U$

$$M_U = 1.2 M_D + 1.6 M_L$$

$$= 1.2 \times 4.92 + 1.6 \times 46.34 = 80.04 \text{ kgm}$$

- Kontrol momen lentur

$$Z_x = 1/4 b h^2 = 1/4 \times 135 \times 0.6^2 = 12.15 \text{ cm}^3$$

$$M_n = Z_x \times f_y = 12.15 \times 2500 = 30375 \text{ kgcm} = 303.75 \text{ kgm}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 303.75$$

$$= 273.37 \text{ kgm} \geq 80.04 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 75 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{75}{240} = 0.3125 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{qL^4}{EI_x}$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{0.729 \times 75^4}{2 \times 10^6 \times 2.34}$$

$$= 0.064$$

$$f \leq f_{ijin} \rightarrow 0.064 \text{ cm} \leq 0.3125 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

- b. Perencanaan balok bordes

Direncanakan memakai profil WF 150 × 75 × 5 × 7

$$d = 150 \text{ mm} \quad t_f = 7 \text{ mm} \quad r = 8 \text{ mm}$$

$$b = 75 \text{ mm} \quad Z_x = 88.8 \text{ cm}^3 \quad I_x = 666 \text{ cm}^4$$

$$t_w = 5 \text{ mm} \quad W = 14 \text{ kg/m}$$

- Perencanaan pembebanan balok bordes

Beban mati

$$\begin{aligned}\text{Berat pelat} &= 0.006 \times 0.75 \times 7850 = 35.325 \text{ kg/m} \\ \text{Berat profil} &= \underline{14 \text{ kg/m}} + \\ &= 49.325 \text{ kg/m} \\ \text{Berat sambungan dan lain-lain 10\%} &= \underline{4.93 \text{ kg/m}} + \\ q_D &= 54.26 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

Beban hidup

Lantai perkantoran

$$(\text{Tabel 4-1. SNI 1727:2013}) = 100 \text{ Psf} = 488.24 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Total beban hidup } (q_L) = 0.75 \times 488.24 = 366.18 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}V_D &= \frac{1}{2} \cdot q_D \cdot L = \frac{1}{2} \times 54.26 \times 1.50 \\ &= 40.69 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_D &= \frac{1}{8} \cdot q_D \cdot L^2 = \frac{1}{8} \times 54.26 \times (1.50)^2 \\ &= 15.26 \text{ kgm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_L &= \frac{1}{2} \times q_L \times L = \frac{1}{2} \times 366.18 \times 1.50 \\ &= 274.635 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_L &= \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 = \frac{1}{8} \times 366.18 \times (1.50)^2 \\ &= 102.99 \text{ kgm}\end{aligned}$$

- Kombinasi pembebanan

$$\begin{aligned}V_U &= 1.2V_D + 1.6V_L \\ &= 1.2 (40.69) + 1.6 (274.635) = 488.25 \text{ kg} \\ M_U &= 1.2 M_D + 1.6 M_L \\ &= 1.2 (15.26) + 1.6 (102.99) = 183.09 \text{ kgm}\end{aligned}$$

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{75}{2 \times 7} = 5.35$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.74$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 5.35 \leq 10.74 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{150 - 2(8 + 7)}{5} = 24$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.34$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 24.00 \leq 106.34 \rightarrow \text{penampang badan kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \times Z_x = 2500 \times 88.8 \\ &= 222000 \text{ kgcm} \\ &= 2220 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0.9 \times 2220 \\ &= 1998 \text{ kgm} \geq 183.09 \text{ kgm} \dots \text{OK !} \end{aligned}$$

- Kontrol kuat geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{120}{5} = 24.00 ; 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69.57$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 24.00 \leq 69.57$$

maka  $C_v = 1.00$ ; sehingga

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 \times 2500 \times (15 \times 0.5) \times 1.00 = 11250 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0.9 \times 11250 \\ &= 1012.5 \text{ kg} > 488.25 \text{ kg} \dots \text{OK !} \end{aligned}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 150 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{150}{240} = 0.625 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f &= \frac{5}{384} \times \frac{qL^4}{EI_x} \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{(0.54 + 3.66) \times 150^4}{2 \times 10^6 \times 666} \\ &= 0.02 \end{aligned}$$

$$f \leq f_{ijin} \rightarrow 0.02 \text{ cm} \leq 0.625 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

#### 4.3.4. Balok Utama Tangga

Balok utama tangga dianalisa dengan anggapan terletak di atas dua tumpuan sederhana dengan menerima beban merata dari berat sendiri dan beban dari anak tangga. Balok utama direncanakan menggunakan profil WF 200 × 100 × 5.5 × 8, dengan spesifikasi sebagai berikut :

$$\begin{aligned} W &= 21.3 \text{ kg/m} & I_x &= 1840 \text{ cm}^4 \\ r &= 11 \text{ mm} & Z_x &= 184 \text{ cm}^3 \\ i_y &= 2.22 \text{ cm} & A_g &= 27.16 \text{ cm}^2 \\ h &= 200 - 2(8+11) = 162 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Perencanaan pembebanan anak tangga

Beban mati (anak tangga)

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat } 0.003 \times 0.675 \times 7850 &= 15.9 \text{ kg/m} \\ \text{Berat profil siku } 3.38 \times 2 &= 6.76 \text{ kg/m} \\ \text{Berat profil balok } 21.3 / \cos(29.05) &= \underline{24.365 \text{ kg/m}} + \\ &= 47.02 \text{ kg/m} \\ \text{Berat alat penyambung } 10\% &= \underline{4.702 \text{ kg/m}} + \\ q_{D1} &= 51.72 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban hidup (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)

$$q_L = 100 \text{ Psf} = 488.24 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{L1} = 488.24 \times 0.675 / \cos 29.05 = 376.99 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 q_{U1} &= 1.2 q_D + 1.6 q_L \\
 &= 1.2 \times 51.72 + 1.6 \times 376.99 \\
 &= 665.25 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Perencanaan pembebanan bordes

Beban mati

$$\text{Berat profil} = 14 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat bordes } 0.006 \times 0.675 \times 7850 &= 31.79 \text{ kg/m} + \\
 &= 45.79 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Berat penyanggung } 10\% = 4.579 \text{ kg/m} +$$

$$q_{D2} = 50.37 \text{ kg/m}$$

Beban hidup (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)

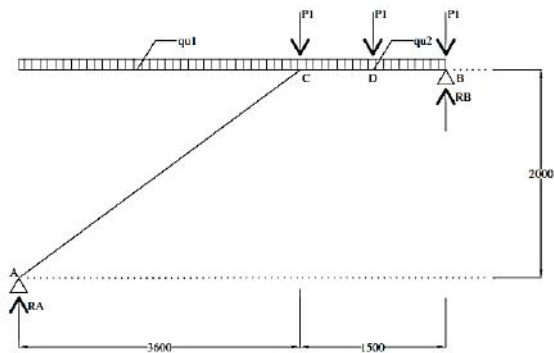
$$q_L = 100 \text{ Psf} = 488.24 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{L2} = 488.24 \times 0.675 = 329.56 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 q_{U2} &= 1.2 q_D + 1.6 q_L \\
 &= 1.2 \times 50.37 + 1.6 \times 366.18 = 587.74 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban terpusat akibat balok bordes

$$p_1 = 14 \times 0.675 = 9.45 \text{ kg}$$



**Gambar 4.12** Sketsa Pembebanan Balok Utama Tangga

- Perhitungan pembebanan

$$\sum M_a = 0$$

$$-R_b \times 5.10 + P_1 \times 5.10 + P_1 \times 4.35 + P_1 \times 3.60 + q_{u1} \times 3.60 \times 1.80 + q_{u2} \times 1.50 \times 4.35 = 0$$

$$R_b = \frac{9.45 \times 5.10 + 9.45 \times 4.35 + 9.45 \times 3.6 + 665.25 \times 3.60 \times 1.80 + 587.74 \times 1.35 \times 4.35}{5.10}$$

$$R_b = 1621.4 \text{ kg}$$

$$\sum M_b = 0$$

$$R_a \times 5.10 - P_1 \times 0 - P_1 \times 0.75 - P_1 \times 1.50 - q_{u1} \times 3.60 \times 3.30 - q_{u2} \times 1.50 \times 0.75 = 0$$

$$R_a = \frac{9.45 \times 0 + 9.45 \times 0.75 + 9.45 \times 1.50 + 665.25 \times 3.60 \times 3.30 + 587.74 \times 1.50 \times 0.75}{5.10}$$

$$R_a = 1683.46 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} \sum V &= R_a + R_b - q_{u1} \times 3.60 - q_{u2} \times 1.50 - P_1 \times 3 \\ &= 1683.46 + 1621.4 - 665.25 \times 3.60 - 587.74 \times 1.50 - 9.45 \times 3 \\ &= 0 \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

### Bidang M

- a – c :

$$\begin{aligned} M_X &= R_a \times X - \frac{1}{2} q_{u1} \cdot X^2 \\ &= 1683.46 \times X - \frac{1}{2} \times 665.25 \times X^2 \end{aligned}$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$M_a = 0 \text{ kgm}$$

$$X = 3.60 \text{ m}$$

$$M_c = 1683.46 \times 3.60 - \frac{1}{2} \times 665.25 \times 3.60^2 = 1749.64 \text{ kgm}$$

$$\text{Momen maksimum terjadi apabila } \frac{dM_x}{d_x} = 0$$

$$\frac{dM_x}{d_x} = 1683.46 - 665.25 \times X = 0$$

$$X = 2.53 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= 1683.46 \times 2.54 - \frac{1}{2} \times 665.25 \times 2.54^2 \\ &= 2130.05 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- b - d :

$$M_X = R_b \times X - \frac{1}{2} q_{u2} \times X^2 - P_1 \times X$$

$$= 1621.4 \times X - \frac{1}{2} \times 587.74 \times X^2 - 9.45 \times X$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$M_b = 0 \text{ kgm}$$

$$X = 0.75 \text{ m}$$

$$M_d = 1621.4 \times 0.75 - \frac{1}{2} \times 587.74 \times 0.75^2 - 9.45 \times 0.75$$

$$= 1043.66 \text{ kgm}$$

### Bidang D

- a - c :

$$D_X = R_a \times \cos(29.05^\circ) - q_{u1} \times X \times \cos(29.05^\circ)$$

$$= 1683.46 \times \cos(29.05^\circ) - 665.25 \times X \times \cos(29.05^\circ)$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$D_{ka} = 1683.46 \times \cos(29.05^\circ) - 665.25 \times 0 \times \cos(29.05^\circ)$$

$$= 1471.67 \text{ kg}$$

$$X = 3.60 \text{ m}$$

$$D_{ki} = 1683.46 \times \cos(29.05^\circ) - 665.25 \times 3.60 \times \cos(29.05^\circ)$$

$$= - 621.94 \text{ kg}$$

- b - d :

$$D_X = - R_b + q_{u2} \times X + P_1$$

$$= - 1621.4 + 587.74 \times X + 9.45$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$D_{bi} = - 1621.4 + 587.74 \times 0 + 9.45$$

$$= - 1611.95 \text{ kg}$$

$$X = 0.75 \text{ m}$$

$$D_{di} = - 1621.4 + 587.74 \times 0.75 + 9.45$$

$$= - 1171.145 \text{ kg}$$

- d - c :

$$D_X = - R_b + q_{u2} \times (X+0.75) + P_1 + P_1$$

$$= - 1621.4 + 587.74 \times (X+0.75) + 9.45 + 9.45$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$D_{di} = - 1621.4 + 587.74 \times (0+0.75) + 9.45 + 9.45$$

$$= - 1161.69 \text{ kg}$$

$$X = 0.75 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} D_{c_{ka}} &= -1621.4 + 587.74 \times (0.75 + 0.75) + 9.45 + 9.45 \\ &= -720.89 \text{ kg} \end{aligned}$$

### Bidang N

- a - c :

$$\begin{aligned} N_X &= -R_a \times \sin(29.05^\circ) + q_{ul} \times X \times \sin(29.05^\circ) \\ &= -1683.46 \times \sin(29.05^\circ) + 665.25 \times X \times \sin(29.05^\circ) \end{aligned}$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} N_{ka} &= -1683.46 \times \sin(29.05^\circ) + 665.25 \times 0 \times \sin(29.05^\circ) \\ &= -817.44 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$X = 3.60 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} N_{ki} &= -1683.46 \times \sin(29.05^\circ) + 665.25 \times 3.60 \times \sin(29.05^\circ) \\ &= 345.45 \text{ kg} \end{aligned}$$

- c - b :

$$N = 0 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang profil

a. Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{100}{2 \times 8} = 6.25$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.74$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 6.25 \leq 10.74 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{200}{5.5} = 36.36$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.34$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 36.36 \leq 106.34 \rightarrow \text{penampang badan kompak}$$



Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \times Z_x = 2500 \times 184 \\ &= 460000 \text{ kgcm} \\ &= 4600 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0.9 \times 4600 \\ &= 4140 \text{ kgm} \geq 2130.05 \text{ kgm} \dots \text{OK !} \end{aligned}$$

b. Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$$L_b = \sqrt{30^2 + 16^2} = 34.00 \text{ cm (pengaku anak tangga)}$$

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 2.22 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 110.51 \text{ cm}$$

$L_b < L_p \rightarrow$  bentang pendek, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \times Z_x = 2400 \times 184 \\ &= 460000 \text{ kgcm} \\ &= 4600 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0.9 \times 4600 \\ &= 4140 \text{ kgm} \geq 2130.05 \text{ kgm} \dots \text{OK !} \end{aligned}$$

- Kontrol kuat geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{200}{5.5} = 36.36; 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69.57$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 36.36 \leq 69.57$$

maka  $C_v = 1.00$ ; sehingga

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 \times 2500 \times (20 \times 0.55) \times 1.00 = 16500 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &\geq V_u \\
 \phi V_n &= 0.9 \times 16500 \\
 &= 14850 \text{ kg} > 1611.95 \text{ kg} \dots \text{OK !}
 \end{aligned}$$

- Persamaan interaksi tekan – lentur

$$L = \sqrt{360^2 + 200^2} = 411.82 \text{ cm}$$

$$K_c = 0.70 \text{ (sendi – jepit)}$$

$$f_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r_{\min}}\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^6}{\left(\frac{0.7 \times 411.82}{2.22}\right)^2} = 1170.614 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_y}{f_e} = \frac{2500}{1170.614} = 2.136$$

karena  $\frac{f_y}{f_e} = 2.136 \leq 2.25$  maka  $f_{cr}$  ditentukan dengan :

$$f_{cr} = \left[ 0.658^{\frac{f_y}{f_e}} \right] \times f_y = \left[ 0.658^{2.136} \right] \times 2500 = 1022.675 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 P_n &= f_{cr} \times A_g \\
 &= 1022.675 \times 27.16 = 27775.85 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi P_n &= 0.85 \times 27775.85 \\
 &= 23609.47 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{817.44}{23609.47} = 0.037 \text{ maka rumus interaksi 1}$$

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cr}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0$$

$$\frac{817.44}{23609.47} = \frac{8}{9} \left( \frac{2130.05}{4140} + 0 \right) = 0.46 \leq 1.0 \dots \text{OK!}$$

- Kontrol lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{\sqrt{360^2 + 200^2}}{240} = 1.72 \text{ cm}$$

$$f = 0.46 \text{ cm}$$

$$f \leq f_{ijin} \rightarrow 0.46 \leq 1.72 \text{ cm} \dots \text{OK!}$$

#### 4.3.5. Balok Penumpu Tangga

Balok utama direncanakan menggunakan profil

WF 300 × 150 × 6.5 × 9

$W = 36.7 \text{ kg/m}$        $r = 13 \text{ mm}$

$A = 46.78 \text{ cm}^2$        $Z_x = 522 \text{ cm}^3$

$S_x = 481 \text{ cm}^3$        $I_x = 7210 \text{ cm}^4$

$I_y = 308 \text{ cm}^4$        $i_x = 12.4 \text{ cm}$

$i_y = 3.29 \text{ cm}$        $d = 300 \text{ mm}$

$b = 150 \text{ mm}$

$h = 300 - 2(9 + 13) = 256 \text{ mm}$

##### - Pembebanan

Pembebanan pada balok penumpu tangga diperoleh dari gaya reaksi ( $R_a$  dan  $R_b$ ) yang bekerja pada balok utama tangga. Gaya reaksi tersebut akan menjadi beban terpusat  $P$  yang menumpu pada balok penumpu tangga. Pada balok penumpu tangga juga bekerja beban merata yang berasal dari dinding setengah dari tinggi lantai dan berat profil. Sketsa pembebanan balok penumpu tangga bisa dilihat pada gambar di bawah ini:

$R_a = 1683.46 \text{ kg}$

$R_b = 1621.4 \text{ kg}$

Beban merata ( $q$ )

Berat profil  $= 36.7 \text{ kg/m}$

Beban dinding  $2.0 \times 120 = 240 \text{ kg/m} +$

$= 276.7 \text{ kg/m}$

Berat sambungan 10%  $= 27.67 \text{ kg/m} +$

$= 304.37 \text{ kg/m}$

##### - Reaksi perletakan

$\sum M_a = 0$

$-R_{vb} \times 2.90 + R_a \times 1.35 + R_b \times 1.55 + q \times 2.90 \times 1.45 = 0$

$R_{vb} = \frac{1683.46 \times 1.35 + 1621.4 \times 1.55 + 304.37 \times 2.90 \times 1.45}{2.90}$

$R_{vb} = 2091.63 \text{ kg}$

$$\sum M_b = 0$$

$$R_{va} \times 2.90 - R_a \times 1.55 - R_b \times 1.35 - q \times 2.90 \times 1.45 = 0$$

$$R_{va} = \frac{1683.46 \times 1.35 + 1621.4 \times 1.35 + 304.37 \times 2.90 \times 1.35}{2.90}$$

$$R_{va} = 2095.91 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$\sum V = R_{va} + R_{vb} - R_a - R_b - q \times 3.00$$

$$= 2095.91 + 2091.63 - 1621.4 - 1683.46 - 304.37 \times 2.90$$

$$= 0 \dots \text{OK !}$$

- Momen maksimum

$$M_{\max} = R_{va} \times 1.45 - R_b \times 0 - \frac{1}{2} \times q \times 1.45^2$$

$$= 2640.707 \times 1.45 - 1353.62 \times 0 - \frac{1}{2} \times 304.37 \times 1.45^2$$

$$= 2719.1 \text{ kgm}$$

- Gaya geser

$$V_U = - R_{vb} = - 2091.63 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang profil

Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{150}{2 \times 9} = 8.33$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.74$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 8.33 \leq 10.74 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{256}{6.5} = 39.38$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.34$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 39.38 \leq 106.34 \rightarrow$  penampang badan kompak

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \times Z_x = 2500 \times 522 = 1305000 \text{ kgcm} \\ = 13050 \text{ kgm}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 13050 \\ = 11745 \text{ kgm} \geq 2791.1 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$$L_b = 135 \text{ cm}$$

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 3.29 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 163.77 \text{ cm}$$

$L_b < L_p$  (Bentang pendek)

Maka  $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \times Z_x = 2500 \times 522 = 1305000 \text{ kgcm} \\ = 13050 \text{ kgm}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 13050 \\ = 11745 \text{ kgm} \geq 2791.1 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{256}{6.5} = 29.45 ; 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 70.43$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 39.38 \leq 70.43$$

maka  $C_v = 1.00$ ; sehingga

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 \times 2500 \times (30 \times 0.65) \times 1.00 = 29250 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned}\emptyset V_n &= 0.9 \times 29250 \\ &= 26325 \text{ kg} > 2091.63 \text{ kg} \dots \text{OK} !\end{aligned}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 290 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{290}{240} = 1.208 \text{ cm}$$

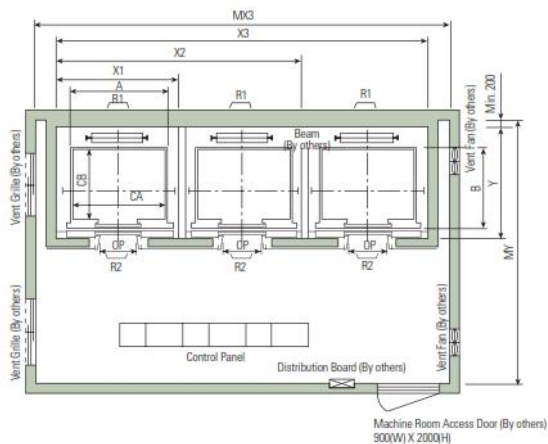
$$\begin{aligned}f &= \frac{5}{384} \times \frac{q_u L^4}{EI_x} \times \frac{P_u \times a}{24EI_x} (3L^2 - 4a^2) \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{3.0437 \times 290^4}{2 \times 10^6 \times 7210} + \frac{3304.86 \times 145}{24 \times 2 \times 10^6 \times 7210} (3 \times 290^2 - 4 \times 145^2) \\ &= 0.235\end{aligned}$$

$$f \leq f_{ijin} \rightarrow 0.235 \text{ cm} \leq 1.208 \text{ cm} \dots \text{OK} !$$

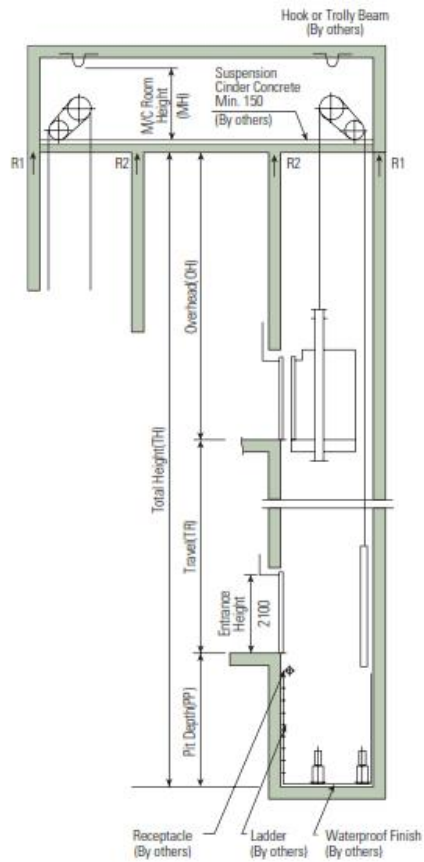
#### 4.4. Perencanaan Lift

Pada perencanaan balok *lift* ini meliputi balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin *lift* yaitu terdiri dari balok penumpu dan balok penggantung *lift*. Pada bangunan ini menggunakan *lift* penumpang dengan data-data sebagai berikut (untuk lebih jelasnya lihat lampiran brosur *lift*) :

- Tipe lift : *Passenger Elevators*
- Merek : HYUNDAI
- Kapasitas : 15 Orang / 1000 kg
- Lebar pintu (*opening width*) : 900 mm
- Dimensi ruang luncur  
(*hoistway inside*) 3 Car : 6900 x 2400 mm<sup>2</sup>
- Dimensi sangkar (*Car size*)
  - Internal : 1600 x 1550 mm<sup>2</sup>
  - Eksternal : 1700 x 1770 mm<sup>2</sup>
- Dimensi ruang mesin (3 Car) : 7900 x 4700 mm<sup>2</sup>
- Beban reaksi ruang mesin :
  - R<sub>1</sub> = 12810 kg
  - R<sub>2</sub> = 6950 kg



**Gambar 4.13** Denah *Lift*



**Gambar 4.14** Potongan Melintang *Lift*



Standard Dimensions & Reactions

[Unit: mm]

Speed (m/min)	Capacity		Clear Opening	Car		Hoistway				M/C Room				M/C Room Reaction(kg)	
	Persons	kg		Internal CA × CB	External A × B	1Car X1	2Cars X2	3Cars X3	Depth Y	1Car MX1	2Cars MX2	3Cars MX3	Depth MY	R1	R2
180	13	900	900	1600×1350	1700×1570	2300	4550	4900	2200	2800	5500	7900	4500	12030	6630
				1600×1400	1700×1620	2300	4550	4900	2250	2800	5500	7900	4500		
	15	1000	900	1600×1500	1700×1720	2300	4550	4900	2350	2800	5500	7900	4700	12810	6950
				1600×1550	1700×1770	2300	4550	4900	2400	2800	5500	7900	4700		
	17	1150	1000	1800×1500	1900×1720	2500	4950	7500	2400	3000	6100	8800	4700	13080	7130
			1100	2000×1350	2100×1570	2700	5350	8100	2250	3200	6250	9100	4500		
			1000	1800×1700	1900×1920	2500	4950	7500	2600	3000	6100	8900	5000		
	20	1350	1100	1800×1730	1900×1950	2500	4950	7500	2630	3000	6100	8900	5000	14360	7650
				2000×1500	2100×1720	2700	5350	8100	2400	3200	6250	9100	4700		
				2000×1550	2100×1770	2700	5350	8100	2450	3200	6250	9100	4700		
210 240				2000×1750	2100×1970	2700	5350	8100	2650	3200	6250	9100	5000		
				2000×1800	2100×2020	2700	5350	8100	2700	3200	6250	9100	5000		
	24	1600	1100	2150×1600	2250×1820	2850	5650	8550	2500	3400	6500	9400	4900	15090	8080
				2150×1670	2250×1890	2850	5650	8550	2570	3400	6500	9500	4900		
			900	1600×1500	1700×1720		4600	4950	2400		5600	8200	4900		
				1600×1550	1700×1770		4600	4950	2450		5600	8200	4900		
	15	1000	1000	1800×1300	1900×1520		5000	7550	2200		5800	8400	4900	12810	7800
				1800×1370	1900×1590		5000	7550	2300		5800	8400	4900		
	17	1150	1100	1800×1500	1900×1720		5000	7550	2400		6100	8900	4900	14100	8000
				2000×1350	2100×1570		5400	8150	2250		6200	9000	4900		
300 360			1000	1800×1700	1900×1920		5000	7550	2600		6100	8800	5000		
				1800×1730	1900×1950		5000	7550	2650		6100	8800	5000		
	20	1350	1100	2000×1500	2100×1720		5400	8150	2400		6200	9000	5000	15100	8050
				2000×1550	2100×1770		5400	8150	2450		6200	9000	5000		
				2000×1750	2100×1970		5400	8150	2650		6400	9000	5000		
				2000×1800	2100×2020		5400	8150	2700		6400	9000	5000		
	24	1600	1100	2150×1600	2250×1820		5700	8650	2500		6500	9400	5000	15700	8100
				2150×1670	2250×1890		5700	8650	2600		6500	9400	5000		
			1000	1800×1700	1900×1920		5100	7700	2650		6200	9100	6000		
				1800×1730	1900×1950		5100	7700	2700		6200	9100	6300		
420 480 540 600	20	1350	1100	2000×1500	2100×1720		5500	8300	2450		6200	9100	5900	17800	13200
				2000×1550	2100×1770		5500	8300	2500		6200	9100	6300		
				2000×1750	2100×1970		5500	8300	2650		6500	9100	6300		
	24	1600	1100	2000×1800	2100×2020		5500	8300	2700		6500	9100	6300	18100	13500
				2150×1600	2250×1820		5800	8750	2500		6500	9400	6200		
				2150×1670	2250×1890		5800	8750	2600		6500	9400	6300		
420	17	1150	1000	1800×1500				7800	2500			8900	6000		
480	20	1350	1100	2000×1500				8750	2500			9500	6300		
540								8750	2750						
600	24	1600	1100	2000×1750											

- Notes: 1. The minimum hoistway dimensions are shown on the above table. Therefore, some allowances should be made considering the sloping of the hoistways.  
2. Above dimensions are based on center opening doors. For applicable dimensions with side opening doors, consult Hyundai.  
3. For elevators with more than 20 persons capacity, consult Hyundai.  
4. When non-standard capacities and dimensions are required to meet the local code, consult Hyundai.  
5. The capacity in persons is calculated at 68kg/person. (EN81-70kg/person)  
6. Above dimensions are applied in case the door is standard. In case fire protection door is applied, hoistway size for 1 car should be applied above X1 dimension plus 100mm.  
7. The maximum speed capabilities of Hyundai is 1000m/min. Consult Hyundai.

Gambar 4.15 Tabel Spesifikasi Lift

#### 4.4.1. Balok Penumpu Lift

Balok penumpu *lift* direncanakan menggunakan profil WF 400 × 300 × 10 × 16 dengan data sebagai berikut :

$$\begin{array}{lll}
 W = 107 \text{ kg/m} & S_x = 1980 \text{ cm}^3 & r = 22 \text{ mm} \\
 A = 136 \text{ cm}^2 & I_x = 38700 \text{ cm}^4 & i_x = 16.90 \text{ cm} \\
 t_w = 10 \text{ mm} & I_y = 7210 \text{ cm}^4 & i_y = 7.28 \text{ cm} \\
 b = 300 \text{ mm} & d = 390 \text{ mm} & t_f = 10 \text{ mm} \\
 h = 390 - 2 \times (16 + 22) = 314 \text{ mm} & Z_x = 2116 \text{ cm}^3 &
 \end{array}$$

a. Pembebanan pada balok penumpu *lift*

- Beban mati

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Berat profil balok penggantung lift} & = & 107 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat sambungan, dll(10\%)} & = & 10.7 \text{ kg/m} \\
 q_D & = & 117.7 \text{ kg/m}
 \end{array}$$

- Beban merata ultimate

$$\begin{array}{l}
 q_U = 1.4 q_D \\
 \quad = 1.4 (117.7) = 164.78 \text{ kg/m}
 \end{array}$$

- Beban terpusat lift

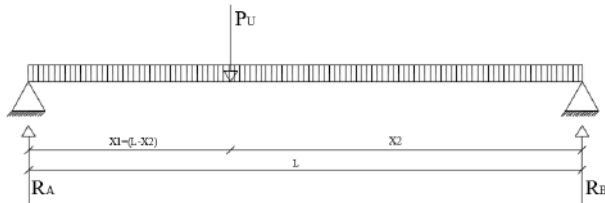
Pada pasal 4.6 Impact Load RSNI-03-1727:2013 (Peraturan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain) menyatakan bahwa semua beban elevator harus ditingkatkan 50% untuk mesin yang bergerak maju dan mundur atau *tenaga-driven*, direncanakan berdasarkan batas lendutan, atau spesifikasi teknik dari pembuat.

Faktor Elemen Beban Hidup (KLL)

$$R_A = R_1 \cdot KLL = 12810 \times (1 + 50\%) = 19215 \text{ kg}$$

$$R_B = R_2 \cdot KLL = 6950 \times (1 + 50\%) = 10425 \text{ kg}$$

- b. Perhitungan gaya dalam yang terjadi pada balok penumpu lift



**Gambar 4.16** Model Pembebanan Balok Penumpu Lift

$$\sum M_B = 0$$

$$R_A \cdot L - P_u \cdot X_2 = 0$$

$$19215 \cdot 2.9 = P_u \cdot X_2$$

$$P_u = \frac{55723.5}{X_2} \dots \dots \dots \text{pers. 1}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-R_B \cdot L + P_u \cdot (L - X_2) = 0$$

$$-10425 \cdot 2.9 + \frac{55723.5}{X_2} (2.9 - X_2) = 0$$

$$-30232.5 + \frac{161624.25}{X_2} - 55732.5 = 0$$

$$\frac{161624.25}{X_2} = 85965$$

$$X_2 = 1.88 \text{ m}$$

$$X_1 = L - X_2$$

$$= 2.9 \text{ m} - 1.88 \text{ m}$$

$$= 1.02 \text{ m}$$

$$P_u = \frac{55723.5}{X_2}$$

$$= \frac{55723.5}{1.88}$$

$$= 29638.32 \text{ kg}$$

- Momen Maksimum

$$M_u = \frac{P_u \cdot X_1 \cdot X_2}{L} + \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot L^2$$

$$= \frac{29638.32 \cdot 1.02 \cdot 1.88}{2.9} + \frac{1}{8} \cdot 164.78 \cdot 2.9^2$$

$$= 19771.31 \text{ kg.m}$$

- Gaya Geser

$$\begin{aligned} V_u &= R_A + \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot L \\ &= 19215 + \frac{1}{2} \cdot 164,78 \cdot 2,9 \\ &= 19453.93 \text{ kg} \end{aligned}$$

- c. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2 \times 16} = 9,38$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{b_f}{2t_f} < \lambda_{pf} \rightarrow 9.38 < 10.75 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Pelat badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{314}{10} = 31,4$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_{pw} \rightarrow 31.4 < 106.35 \rightarrow \text{penampang badan kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 2116 = 5290000 \text{ kgcm} \\ &= 52900 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0.9 \times 52900 \\ &= 47610 \text{ kgm} > 19771.31 \text{ kgm} \dots \text{OK !} \end{aligned}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$$L_b = 290 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 L_p &= 1.76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\
 &= 1.76 \cdot 7,28 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} \\
 &= 362,40 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$L_b < L_p$  (bentang pendek)

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$   
 $M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 2116 = 5290000 \text{ kgcm}$   
 $= 52900 \text{ kgm}$
- Cek kemampuan penampang  
 $\phi_b \cdot M_n \geq M_u$   
 $\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 52900$   
 $= 47610 \text{ kgm} > 19771.31 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$

Maka *demand capacity ratio* balok adalah :

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{M_u}{\phi M_n} \leq 1,0 \\
 &= \frac{19771.31}{47610} \\
 &= 0,415 \leq 1,0 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

- d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$V_n = 0,6 f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \quad ; C_v = 1,0$$

$$\frac{314}{10} = 31,4 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{5,0 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57 \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}}$$

Kondisi geser plastis

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\phi V_n = \phi 0,6 f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot 39 \cdot 1 \cdot 1$$

$$\phi V_n = 52650 \text{ kg} > 19453.93 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

e. Kontrol lendutan

$$L = 290 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{290}{240} = 1.208 \text{ cm}$$

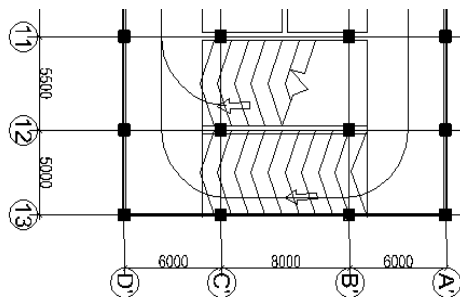
$$\begin{aligned} f &= \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384EI} + \frac{P_u \cdot X_1 \cdot (L^2 - X_1^2)^{3/2}}{9\sqrt{3}EI} \\ &= \frac{5 \cdot (1,6478) \cdot 290^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 38700} + \frac{29638.32 \cdot 102 \cdot (290^2 - 102)^{3/2}}{9\sqrt{3} \cdot 290 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 38700} \\ &= 1.106 \text{ cm} \\ f_{ijin} = 1.208 \text{ cm} &\geq f = 1.106 \text{ cm} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

#### 4.5. Perencanaan Ramp

Ramp merupakan sebuah konstruksi yang dirancang untuk menghubungkan dua tingkat vertikal yang memiliki jarak satu sama lain.

##### 4.5.1. Ramp

- Tinggi antar lantai/ramp = 300 cm
- Panjang ramp = 600 cm
- Lebar ramp = 500 cm
- Lebar bordes Ramp = 200 cm
- Kemiringan tangga( $\alpha$ ) =  $\arctan\left(\frac{300}{600}\right) = 26.56^\circ$



**Gambar 4.17** Denah Ramp

#### 4.5.2. Bordes Ramp

a. Pelat bordes

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal pelat bordes} &= 100 \text{ mm} \\
 \text{Berat jenis beton} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Mutu baja BJ 41} \rightarrow f_y &= 2500 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Lebar ramp} &= 5 \text{ m} \\
 \text{Lebar bordes ramp} &= 2 \text{ m} \\
 \frac{1}{2} \text{ Lebar bordes ramp} &= 1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Perencanaan pembebanan pelat bordes

Beban mati

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pelat} &= 0.1 \times 5 \times 2400 &= 1200 \text{ kg/m} \\
 \text{Alat penyambung (10\%)} &&= \frac{120 \text{ kg/m} +}{q_D = 1320 \text{ kg/m}}
 \end{aligned}$$

Beban hidup (PPIUG)

$$q_L = 400 \text{ kg/m}^2$$

$$q_L = 400 \text{ kg/m}^2 \times 5 \text{ m} = 2000 \text{ kg/m}$$

- Perhitungan  $M_D$  dan  $M_L$

$$\begin{aligned}
 M_D &= \frac{1}{8} \times q_D \times l^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 1320 \times (1)^2 &= 165 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_L &= \frac{1}{8} \times q_L \times l^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 2000 \times (1)^2 &= 250 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- Kombinasi pembebanan  $M_U$

$$\begin{aligned}
 M_U &= 1.2 M_D + 1.6 M_L \\
 &= 1.2 \times 165 + 1.6 \times 250 &= 598 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- Kontrol momen lentur

$$Z_x = \frac{1}{4} b h^2 = \frac{1}{4} \times 500 \times 10^2 = 12500 \text{ cm}^3$$

$$M_n = Z_x \times f_y = 12500 \times 2500 = 31250000 \text{ kgcm} = 312500 \text{ kgm}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 312500$$

$$= 281250 \text{ kgm} \geq 598 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 100 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{100}{240} = 0.4167 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 500 \times 10^3 = 41666.67 \text{ cm}^4$$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{qL^4}{EI_x}$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{33.2 \times 100^4}{2 \times 10^6 \times 41666.67}$$

$$= 0.4125$$

$$f \leq f_{ijin} \rightarrow 0.4125 \text{ cm} \leq 0.4167 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

- b. Perencanaan balok bordes

Direncanakan memakai profil WF 300 × 150 × 6.5 × 9

$$d = 300 \text{ mm} \quad t_f = 9 \text{ mm} \quad r = 13 \text{ mm}$$

$$b = 150 \text{ mm} \quad Z_x = 522 \text{ cm}^3 \quad I_x = 7210 \text{ cm}^4$$

$$t_w = 6.5 \text{ mm} \quad W = 36.72 \text{ kg/m}$$

- Perencanaan pembebanan balok bordes

Beban mati

$$\text{Berat pelat} = 0.1 \times 1 \times 2400 = 240 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil} = \underline{36.7 \text{ kg/m} +}$$

$$= 276.72 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sambungan dan lain-lain 10\%} = \underline{27.67 \text{ kg/m} +}$$

$$q_D = 304.37 \text{ kg/m}$$

Beban hidup (PPIUG)

$$q_L = 400 \text{ kg/m}^2$$

$$q_L = 400 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ m} = 400 \text{ kg/m}$$



$$V_D = \frac{1}{2} \cdot q_D \cdot L = \frac{1}{2} \times 304.37 \times 5 = 760.92 \text{ kg}$$

$$M_D = \frac{1}{8} \cdot q_D \cdot L^2 = \frac{1}{8} \times 304.37 \times (5)^2 = 951.16 \text{ kgm}$$

$$V_L = \frac{1}{2} \times q_L \times L = \frac{1}{2} \times 400 \times 5 = 1000 \text{ kg}$$

$$M_L = \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 = \frac{1}{8} \times 400 \times (5)^2 = 1250 \text{ kgm}$$

- Kombinasi pembebanan

$$V_U = 1.2V_D + 1.6V_L = 1.2(760.92) + 1.6(1000) = 2513.11 \text{ kg}$$

$$M_U = 1.2 M_D + 1.6 M_L = 1.2(951.16) + 1.6(1250) = 3141.39 \text{ kgm}$$

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{150}{2 \times 9} = 8.33$$

$$\lambda_{pf} = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.75$$

$$\frac{b_f}{2t_f} < \lambda_{pf} \rightarrow 8.33 < 10.75 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Pelat badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{300}{6} = 39.38$$

$$\lambda_{pw} = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_{pw} \rightarrow 39.38 < 106.35 \rightarrow \text{penampang badan kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \times Z_x = 2500 \times 522 \\ &= 1305000 \text{ kgcm} \\ &= 13050 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 13050$$

$$= 11745 \text{ kgm} \geq 3141.39 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol kuat geser

$$V_n = 0.6 f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1.1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} ; C_v = 1.0$$

$$\frac{300}{6.5} = 39.38 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1.1 \sqrt{\frac{5.0 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69.57 \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 1.1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}}$$

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 \times 2500 \times (30 \times 0.65) \times 1 = 29250 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0.9 \times 29250$$

$$= 26325 \text{ kg} > 2513.11 \text{ kg} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 500 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{500}{240} = 2.08 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{qL^4}{EI_x}$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{7.04 \times 500^4}{2 \times 10^6 \times 7210}$$

$$= 0.397$$

$$f \leq f_{ijin} \rightarrow 0.397 \text{ cm} \leq 2.08 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

#### 4.5.3. Balok Utama Ramp

Balok utama ramp dianalisa dengan anggapan terletak di atas dua tumpuan sederhana dengan menerima beban merata dari berat sendiri dan beban dari pelat ramp.

Balok utama direncanakan menggunakan profil WF 350 × 250 × 8 × 12, dengan spesifikasi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 W &= 69.2 \text{ kg/m} & r &= 20 \text{ mm} & h_w &= 350 - 2(12 + 20) \\
 A &= 88.15 \text{ cm}^2 & Z_x &= 1163 \text{ cm}^3 & &= 286 \text{ mm} \\
 t_w &= 8 \text{ mm} & i_y &= 5.92 \text{ cm} & b_f &= 250 \text{ mm} \\
 t_f &= 12 \text{ mm} & I_x &= 18500 \text{ cm}^4 & & \\
 d &= 350 \text{ mm} & I_y &= 3090 \text{ cm}^4 & &
 \end{aligned}$$

- Perencanaan pembebanan pelat ramp

Beban mati (pelat ramp)

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pelat } 0.1 \times 2.5 \times 2400 &= 600 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat alat penyambung } 10\% &= \frac{60 \text{ kg/m}}{+} \\
 q_{D1} &= 660 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban hidup (PPIUG)

$$\begin{aligned}
 q_L &= 400 \text{ kg/m}^2 \\
 q_{L1} &= 400 \times 2.5 / \cos 26.56 = 1117.98 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_{U1} &= 1.2 q_D + 1.6 q_L \\
 &= 1.2 \times 660 + 1.6 \times 1117.98 \\
 &= 2580.77 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Perencanaan pembebanan bordes

Beban mati

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pelat } 0.1 \times 2.5 \times 2400 &= 600 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat alat penyambung } 10\% &= \frac{60 \text{ kg/m}}{+} \\
 q_{D2} &= 660 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban hidup (PPIUG)

$$\begin{aligned}
 q_L &= 400 \text{ kg/m}^2 \\
 q_{L2} &= 400 \times 2.5 = 1000 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_{U2} &= 1.2 q_D + 1.6 q_L \\
 &= 1.2 \times 660 + 1.6 \times 1000 \\
 &= 2392 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban terpusat akibat balok bordes

$$p_1 = 36.72 \times 2.5 = 91.8 \text{ kg}$$

- Perhitungan pembebanan

$$\sum M_a = 0$$

$$-R_b \times 8 + P_1 \times 8 + P_1 \times 7 + P_1 \times 6 + q_{u1} \times 6 \times 3 + q_{u2} \times 2 \times 7 = 0$$

$$R_b = \frac{91.8 \times 8 + 91.8 \times 7 + 91.8 \times 6 + 2580.77 \times 6 \times 3 + 2392 \times 2 \times 7}{8}$$

$$R_b = 10233.71 \text{ kg}$$

$$\sum M_b = 0$$

$$R_a \times 8 - P_1 \times 0 - P_1 \times 1 - P_1 \times 2 - q_{u1} \times 6 \times 5 - q_{u2} \times 2 \times 1 = 0$$

$$R_a = \frac{91.8 \times 0 + 91.8 \times 1 + 91.8 \times 2 + 2580.77 \times 6 \times 5 + 2392 \times 2 \times 1}{8}$$

$$R_a = 10310.31 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} \sum V &= R_a + R_b - q_{u1} \times 6 - q_{u2} \times 2 - P_1 \times 3 \\ &= 10310.31 + 10233.71 - 2580.77 \times 6 - 2392 \times 2 - 91.8 \times 3 \\ &= 0 \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

### Bidang M

- a – c :

$$\begin{aligned} M_X &= R_a \times X - \frac{1}{2} q_{u1} \cdot X^2 \\ &= 10310.31 \times X - \frac{1}{2} \times 2580.77 \times X^2 \end{aligned}$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$M_a = 0 \text{ kgm}$$

$$X = 6 \text{ m}$$

$$M_c = 10310.31 \times 6 - \frac{1}{2} \times 2580.77 \times 6^2 = 15408 \text{ kgm}$$

Momen maksimum terjadi apabila  $\frac{dM_x}{d_x} = 0$

$$\frac{dM_x}{d_x} = 10310.31 - 2580.77 \times X = 0$$

$$X = 3.995 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= 10310.31 \times 3.995 - \frac{1}{2} \times 2580.77 \times 3.995^2 \\ &= 20595.11 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- b - d :

$$\begin{aligned}
 M_X &= R_b \times X - \frac{1}{2} q_{u2} \times X^2 - P_1 \times X \\
 &= 10233.71 \times X - \frac{1}{2} \times 2392 \times X^2 - 91.8 \times X \\
 X &= 0 \text{ m} \\
 M_b &= 0 \text{ kgm} \\
 X &= 1 \text{ m} \\
 M_d &= 10233.71 \times 1 - \frac{1}{2} \times 2392 \times 1^2 - 91.8 \times 1 \\
 &= 8945.91 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

### Bidang D

- a - c :

$$\begin{aligned}
 D_X &= R_a \times \cos(26.56^\circ) - q_{u1} \times X \times \cos(26.56^\circ) \\
 &= 10310.31 \times \cos(26.56^\circ) - 2580.77 \times X \times \cos(26.56^\circ) \\
 X &= 0 \text{ m} \\
 D_{a_{ka}} &= 10310.31 \times \cos(26.56^\circ) - 2580.77 \times 0 \times \cos(26.56^\circ) \\
 &= 9222.23 \text{ kg} \\
 X &= 6 \text{ m} \\
 D_{c_{ki}} &= 10310.31 \times \cos(26.56^\circ) - 2580.77 \times 6 \times \cos(26.56^\circ) \\
 &= -4746.97 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- b - d :

$$\begin{aligned}
 D_X &= -R_b + q_{u2} \times X + P_1 \\
 &= -10233.71 + 2392 \times X + 91.8 \\
 X &= 0 \text{ m} \\
 D_{b_{ki}} &= -10233.71 + 2392 \times 0 + 91.8 \\
 &= -10141.91 \text{ kg} \\
 X &= 1 \text{ m} \\
 D_{d_{ka}} &= -10233.71 + 2392 \times 1 + 91.8 \\
 &= -7749.91 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- d - c :

$$\begin{aligned}
 D_X &= -R_b + q_{u2} \times (X+1) + P_1 + P_1 \\
 &= -10233.71 + 2392 \times (X+1) + 91.8 + 91.8 \\
 X &= 0 \text{ m} \\
 D_{d_{ki}} &= -10233.71 + 2392 \times (0+1) + 91.8 + 91.8 \\
 &= -12442.11 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$X = 1 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} D_{c_{ka}} &= -10233.71 + 2392 \times (1+1) + 91.8 + 91.8 \\ &= -10050.11 \text{ kg} \end{aligned}$$

### Bidang N

- a - c :

$$\begin{aligned} N_X &= -R_a \times \sin(26.56^\circ) + q_{ul} \times X \times \sin(26.56^\circ) \\ &= -10310.31 \times \sin(26.56^\circ) + 2580.77 \times X \times \sin(26.56^\circ) \end{aligned}$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} N_{ka} &= -10310.31 \times \sin(26.56^\circ) + 2580.77 \times 0 \times \sin(26.56^\circ) \\ &= -4610.098 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$X = 6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} N_{ki} &= -10310.31 \times \sin(26.56^\circ) + 2580.77 \times 6 \times \sin(26.56^\circ) \\ &= 2070.83 \text{ kg} \end{aligned}$$

- c - b :

$$N = 0 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang profil
- c. Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{250}{2 \times 12} = 10.42$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.75$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 10.42 \leq 10.75 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{350}{8} = 35.75$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.34$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 35.75 \leq 106.34 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned}
 M_p &= f_y \times Z_x = 2500 \times 1163 \\
 &= 2907500 \text{ kgcm} \\
 &= 29075 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned}
 \phi_b \cdot M_n &= 0.9 \times 29075 \\
 &= 26167.5 \text{ kgm} \geq 20595.11 \text{ kgm} \dots \text{OK !}
 \end{aligned}$$

d. Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$$L_b = \sqrt{600^2 + 300^2} = 670.82 \text{ cm}$$

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 294.7 \text{ cm}$$

$$L_r = 868.078 \text{ cm}$$

$L_p < L_b < L_r \rightarrow$  bentang menengah

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0.7 f_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$M_A = 12562.1 \text{ kgm}$$

$$M_B = 19317.46 \text{ kgm}$$

$$M_C = 20266.1 \text{ kgm}$$

$$M_{\max} = 20595.11 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned}
 C_b &= \frac{12.5 M_{\max}}{2.5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2.3 \\
 &= \frac{12.5 \times 20595.11}{2.5 \times 20595.11 + 3 \times 20266.1 + 4 \times 19317.46 + 3 \times 12562.1} \leq 2.3 \\
 &= 1.13 \leq 2.3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_b \left[ M_p - (M_p - 0.7 f_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \\
 &= 1.13 \times \left( 2907500 - (2907500 - 0.7 \times 2500 \times 1100) \times \left( \frac{670.82 - 294.7}{868.078 - 294.7} \right) \right) \\
 &= 1423792.55 \text{ kg.cm} = 14237.93 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$M_n = 14237.93 \text{ kg.m} < M_p = 29075 \text{ kg.m}$$

Maka dipakai  $M_n = 14237,93 \text{ kg.m}$

Cek Kemampuan Penampang

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times 14237,93 \geq 10595,1 \text{ kg.m}$$

$$12814,13 \text{ kg.m} \geq 10595,1 \text{ kg.m (OK)}$$

- Kontrol kuat geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{350}{8} = 35.75 ; 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69.57$$

$$\text{Karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 35.75 \leq 69.57$$

maka  $C_v = 1.00$ ; sehingga

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 \times 2500 \times (35 \times 0.8) \times 1 = 42000 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0.9 \times 42000$$

$$= 37800 \text{ kg} > 10141.91 \text{ kg} \dots \text{OK !}$$

#### 4.5.4. Balok Penumpu Ramp

Balok penumpu ramp direncanakan menggunakan profil

WF 500 × 200 × 10 × 16

$$d = 500 \text{ mm}$$

$$i_x = 20.5 \text{ cm}$$

$$b_f = 200 \text{ mm}$$

$$i_y = 4.33 \text{ cm}$$

$$t_f = 16 \text{ mm}$$

$$Z_x = 2096 \text{ cm}^3$$

$$t_w = 10 \text{ mm}$$

$$Z_y = 332 \text{ cm}^3$$

$$A = 114.2 \text{ cm}^2$$

$$q = 89.7 \text{ kg/m}$$

$$I_x = 47800 \text{ cm}^4$$

$$r = 20 \text{ cm}$$

$$I_y = 2140 \text{ cm}^4$$

$$h = 428 \text{ mm}$$

- Pembebanan



Pembebanan pada balok penumpu ramp diperoleh dari gaya reaksi ( $R_a$  dan  $R_b$ ) yang bekerja pada balok utama ramp. Gaya reaksi tersebut akan menjadi beban terpusat  $P$  yang menumpu pada balok penumpu ramp. Pada balok penumpu ramp juga bekerja beban merata yang berasal dari dinding setengah dari tinggi lantai dan berat profil. Sketsa pembebanan balok penumpu ramp bisa dilihat pada gambar di bawah ini:

$$R_a = 10310.31 \text{ kg}$$

$$R_b = 10233.71 \text{ kg}$$

Beban merata ( $q$ )

$$\text{Berat profil} = 89.7 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban dinding } 2.0 \times 120 &= 240 \text{ kg/m} + \\ &= 329.7 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat sambungan 10\%} &= 32.97 \text{ kg/m} + \\ &= 362.67 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Reaksi perletakan

$$\sum M_a = 0$$

$$\begin{aligned} -R_{vb} \times 5 + R_a \times 2.5 + R_b \times 2.5 + q \times 5 \times 2.5 &= 0 \\ R_{vb} &= \frac{10310.31 \times 2.5 + 10233.71 \times 2.5 + 362.67 \times 5 \times 2.5}{5} \end{aligned}$$

$$R_{vb} = 11178.68 \text{ kg}$$

$$\sum M_b = 0$$

$$\begin{aligned} R_{va} \times 5 - R_a \times 2.5 - R_b \times 2.5 - q \times 5 \times 2.5 &= 0 \\ R_{va} &= \frac{10310.31 \times 2.5 + 10233.71 \times 2.5 + 362.67 \times 5 \times 2.5}{5} \end{aligned}$$

$$R_{va} = 11178.68 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} \sum V &= R_{va} + R_{vb} - R_a - R_b - q \times 3.00 \\ &= 11178.68 + 11178.68 - 10233.71 - 10310.31 - 362.67 \times 2.90 \\ &= 0 \dots \text{OK !} \end{aligned}$$

- Momen maksimum

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= R_{va} \times 2.5 - R_b \times 0 - \frac{1}{2} \times q \times 2.5^2 \\
 &= 11178.68 \times 2.5 - 10233.71 \times 0 - \frac{1}{2} \times 362.67 \times 2.5^2 \\
 &= 26813.37 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- Gaya geser

$$V_U = -R_{vb} = -11178.68 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang profil

Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 16} = 6.25$$

$$\lambda_{pf} = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.75$$

$$\frac{b_f}{2t_f} < \lambda_{pf} \rightarrow 6.25 < 10.75 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Pelat badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{500}{10} = 50$$

$$\lambda_{pw} = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_{pw} \rightarrow 50 < 106.35 \rightarrow \text{penampang badan kompak}$$

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned}
 M_p &= f_y \times Z_x = 2500 \times 2096 = 5240000 \text{ kgcm} \\
 &= 52400 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned}
 \phi_b \cdot M_n &= 0.9 \times 52400 \\
 &= 52400 \text{ kgm} \geq 26813.37 \text{ kgm} \dots \text{OK !}
 \end{aligned}$$

Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$$L_b = 500 \text{ cm}$$

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 215.65 \text{ cm}$$

$$L_r = 643.75 \text{ cm}$$

$$L_p < L_b < L_r \rightarrow \text{bentang menengah}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0.9 \times 52400 \\ &= 52400 \text{ kgm} \geq 26813.37 \text{ kgm} \dots \text{OK !} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0.9 \times 13050 \\ &= 11745 \text{ kgm} \geq 2791.1 \text{ kgm} \dots \text{OK !} \end{aligned}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 500 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{500}{240} = 2.08 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f &= \frac{5}{384} \times \frac{q_u L^4}{EI_x} \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{3.6267 \times 500^4}{2 \times 10^6 \times 47800} \\ &= 0.031 \end{aligned}$$

$$f \leq f_{ijin} \rightarrow 0.031 \text{ cm} \leq 2.08 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

## **BAB V**

### **PEMODELAN STRUKTUR**

#### **5.1. Umum**

Dalam suatu perencanaan struktur gedung, perhitungan terhadap semua beban yang terjadi wajib dilakukan. Perhitungan beban harus memperhitungkan beban yang terjadi antara lain beban mati, beban hidup, beban angin dan beban gempa. Pembebanan ini dihitung berdasarkan SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural dan SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung.

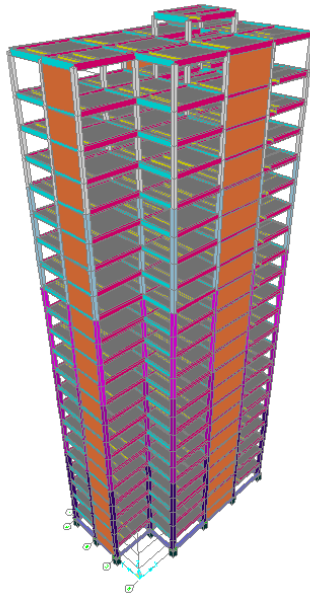
#### **5.2. Pembebanan Struktur Utama**

##### **5.2.1. Data Gedung**

Data gedung yang diperlukan dalam perhitungan antara lain:

Mutu baja	: BJ 41 $f_y = 250 \text{ MPa}$ $f_u = 410 \text{ MPa}$
Mutu beton ( $f_c'$ )	: 30 MPa
Tinggi tiap lantai	: 3.6 m
Tebal pelat atap	: 10 cm
Tebal pelat lantai	: 10 cm
Jenis tanah	: tanah lunak (SD)
Faktor keutamaan gedung (I)	: 1

Pemodelan struktur gedung Office Biliton Surabaya ini dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut ini.



**Gambar 5.1** Pemodelan Struktur Gedung Yang Direncanakan

### 5.2.2. Beban Mati

#### Pelat Atap

- Berat bondek	= 10.1	kg/m <sup>2</sup>
- Berat plafon + penggantung 11 + 7	= 18	kg/m <sup>2</sup>
- Berat ducting dan plumbing	= 10	kg/m <sup>2</sup>
- Berat aspal t=2 cm=2x14	= 28	kg/m <sup>2</sup> +
$q_{Dtotal}$	= 66.1	kg/m <sup>2</sup>

#### Pelat Lantai

- Berat bondek	= 10.1	kg/m <sup>2</sup>
- Berat plafon + penggantung 11 + 7	= 18	kg/m <sup>2</sup>
- Berat ducting dan plumbing	= 10	kg/m <sup>2</sup>
- Berat keramik t=1 cm=1x24	= 24	kg/m <sup>2</sup>
- Berat spesi t=2 cm=2x21	= 42	kg/m <sup>2</sup> +
$q_{Dtotal}$	= 104.1	kg/m <sup>2</sup>

### **Pelat Lantai Parkir**

- Berat bondek	= 10.1	kg/m <sup>2</sup>
- Berat plafon + penggantung 11 + 7	= 18	kg/m <sup>2</sup>
- Berat ducting dan plumbing	= 10	kg/m <sup>2</sup>
- Berat aspal t=2 cm=2x14	= 28	kg/m <sup>2</sup> +
$q_{Dtotal}$	= 66.1	kg/m <sup>2</sup>

### **Berat Sendiri Profil Beton**

Berat sendiri profil baja sudah dihitung otomatis oleh program bantu SAP2000 dalam perencanaan struktur utama

### **5.2.3. Beban Hidup**

Beban Hidup Atap (qL)	= 97,24 kg/m <sup>2</sup>
Beban Hidup Perkantoran (qL)	= 488.24 kg/m <sup>2</sup>
Beban Hidup Parkir (qL)	= 400 kg/m <sup>2</sup>

### **5.3. Beban Gempa Dinamis**

Pada perencanaan struktur ini direncanakan jumlah lantai 23 tingkat dengan ketinggian 76.9 m. Perhitungan beban gempa pada struktur ini ditinjau dengan pengaruh gempa dinamik sesuai SNI 1726-2012. Analisisnya dilakukan berdasarkan analisis respon dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

#### **5.3.1. Arah Pembebanan**

Beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan terjadi dalam arah sembarang (tidak terduga) baik dalam arah x dan y secara bolak-balik dan periodikal. Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa rencana dalam arah utama harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa yang arahnya tegak lurus dengan arah utama dengan efektifitas 30%.

- Gempa Respon Spektrum X :  
100% efektivitas untuk arah X dan 30% efektivitas arah Y
- Gempa Respon Spektrum Y :  
100% efektivitas untuk arah Y dan 30% efektifitas arah X

### 5.3.2. Parameter Respon Spektrum

1. Menentukan Kategori Resiko Bangunan Gedung  
Berdasarkan SNI 1726:2012 Tabel 1, bangunan yang dirancang masuk kedalam kategori resiko II.
2. Menentukan Faktor Keutamaan Gempa  
Berdasarkan Kategori gempa yang didapat maka dari SNI 1726:2012 Tabel 2 dapat ditentukan Faktor Keutamaan Gempanya yaitu  $I_e = 1$
3. Menentukan Parameter Percepatan Gempa  
Nilai parameter percepatan gempa didapat dari peta zonasi gempa pada untuk kota Surabaya didapat nilai  $S_s = 0,66 g$  dan  $S_1 = 0,25 g$ .
4. Menentukan Klasifikasi Situs  
Menurut SNI 1726:2012 pasal 5.3 untuk menentukan klasifikasi situs dapat ditentukan salah satunya dengan menentukan nilai  $N$  berdasarkan data hasil SPT.

**Tabel 5.1** Tabel Perhitungan  $N$  Rata-Rata

lapisa n ke $i$	tebal lapisan ( $d_i$ )	deskripsi jenis tanah	N-SPT ( $N_i$ )	$d_i/N_i$
1	11	lempung berlanau	16	0.688
2	3	lempung berlanau berpasir	60	0.050
3	4	pasir berlanau	38	0.105
4	5	lempung berlanau	60	0.083
5	3	lempung berlanau berkerikil berbatu	60	0.050
6	4	pasir berlanau	38	0.105
7	15	lempung berlanau	60	0.250
8	4	lempung berlanau berpasir	56	0.071
Total	49			1.403
			N	34.93

Dari perhitungan nilai  $N$  rata-rata pada tabel 5.1 diperoleh jenis tanah kategori **tanah sedang**.

5. Menentukan Koefisien Situs

Berdasarkan tabel 4 dan 5 pada SNI 1726:2012 dapat diketahui nilai  $F_a = 1.27$  dan  $F_v = 1.90$  (dari hasil interpolasi)

6. Menghitung Parameter Percepatan Desain Spektral

Sebelum menentukan parameter percepatan desain spektral perlu dihitung nilai parameter respons percepatan pada periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan pada periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) dengan persamaan pada SNI 1726:2012 Pasal 6.2 persamaan (5) dan (6). Selanjutnya nilai  $SDS$  dan  $SD1$  dapat dicari pada SNI 1726:2012 Pasal 6.3 persamaan (7) dan (8).

$$S_{MS} = F_a \times S_S = 1.27 \times 0.66 \text{ g} = 0.840 \text{ g}$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 1.90 \times 0.25 \text{ g} = 0.475 \text{ g}$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0.840 \text{ g} = 0.560 \text{ g}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0.475 \text{ g} = 0.317 \text{ g}$$

7. Menentukan Kategori Desain Seismik

Berdasarkan tabel 6 dan 7 pada SNI 1726:2012 dilihat dari kategori resiko yang didapat pada tinjauan sebelumnya maka diketahui bangunan termasuk kategori desain seismic D untuk kedua parameter  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$ .

8. Menentukan parameter struktur  $R$ ,  $C_d$ , dan  $\Omega_0$

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.2.2 tabel.9 didapat nilai parameter struktur bangunan untuk sistem rangka baja dengan dinding geser plat baja adalah :

$$R^a = 7,5$$

$$\Omega_0 = 2,5$$

$$C_d^b = 6$$

9. Analisa model respon spectrum

Untuk grafik respons spektrum rencana, penggambarannya mengikuti ketentuan SNI 1726:2012 Pasal 6.4 berikut :



- Batasan Periode

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \times \frac{0.317}{0.560} = 0.113 \text{ detik}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0.317}{0.560} = 0.566 \text{ detik}$$

- Respon spektrum percepatan desain saat  $T < T_0$

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

Misalkan saat  $T = 0$  detik maka  $S_a$  :

$$S_a = 0.560 \left( 0,4 + 0,6 \frac{0}{0.113} \right) = 0.224 \text{ g}$$

- Respon spektrum percepatan desain saat  $T_0 \leq T \leq T_s$

$$S_a = S_{DS} = 0,560 \text{ g}$$

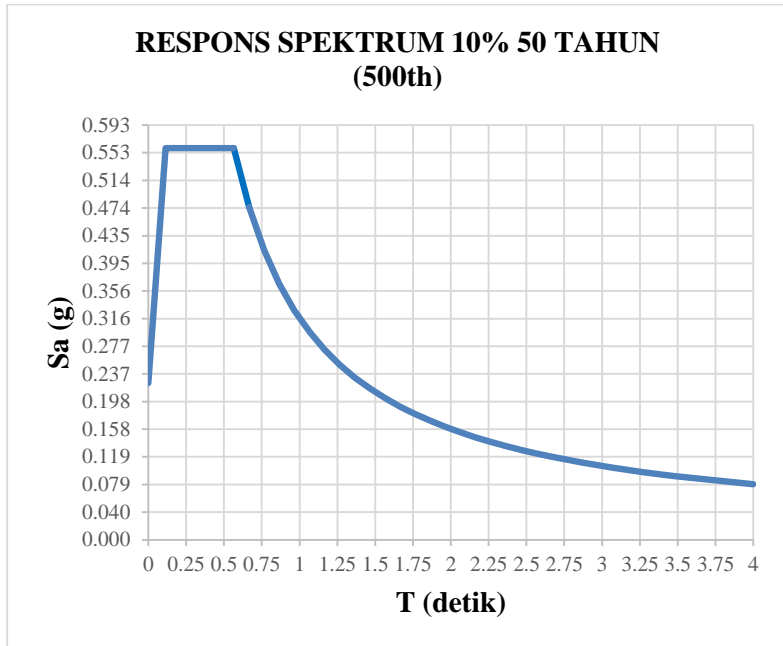
- *Respon Spektrum Percepatan Desain saat  $T \geq T_s$*

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

**Tabel 5.2** Nilai Periode Fundamental (T) dan Percepatan Respon Spektra ( $S_a$ ) berdasarkan ketentuan SNI 1726:2012 Pasal 6.4

Periode	$S_a$
(detik)	(g)
0	0.224
0.113	0.560
0.566	0.560
0.666	0.476
0.766	0.414
0.866	0.366
0.966	0.328
1.066	0.297
1.166	0.272

1.266	0.250
1.366	0.232
1.466	0.216
1.566	0.202
1.666	0.190
1.766	0.179
1.866	0.170
1.966	0.161
2.066	0.153
2.166	0.146
2.266	0.140
2.366	0.134
2.466	0.128
2.566	0.123
2.666	0.119
2.766	0.114
2.866	0.110
2.966	0.107
3.066	0.103
3.166	0.100
3.266	0.097
3.366	0.094
3.466	0.091
4.000	0.079



**Gambar 5.2** Hasil Grafik Spektrum Respon Desain

Nilai spektrum respons tersebut harus dikalikan dengan suatu factor skala (*scale factor*) yang besarnya =  $g \times I_e/R$

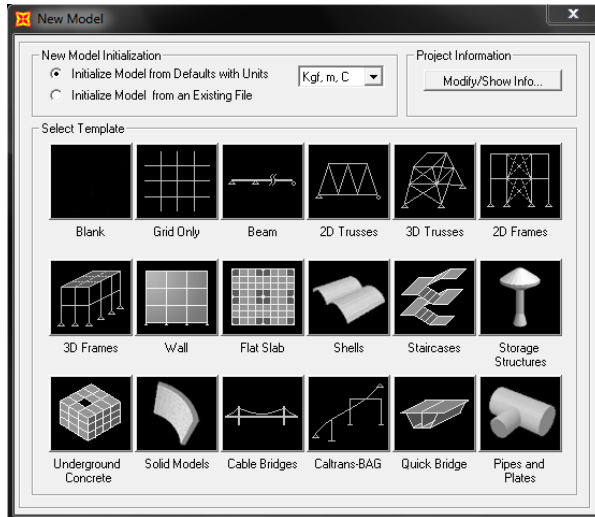
Keterangan :  $g$ = percepatan grafitasi ( $g = 9,81 \text{ m/det}$ )

*Scale factor* =  $9,81 \times 1 / 7,5 = 1,308$ , karena gempa dua arah yaitu arah x,y maka beban gempa didistribusikan 100% kearah x dan 30% kearah y jika ditinjau dari sumbu x dan sebaliknya. Sehingga scale factor arah x = 1,308 dan scale factor arah y =  $0,3 \times 1,308 = 0,3924$

#### 5.4. Pemodelan 3D pada SAP2000

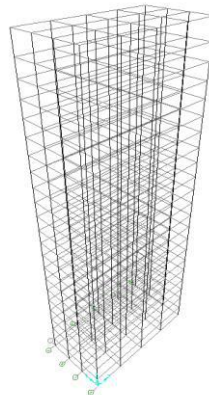
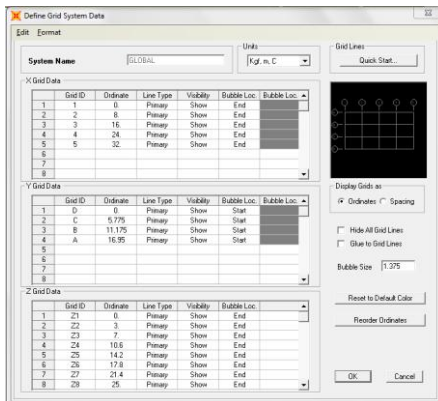
Adapun cara memodelkan struktur bangunan dengan menggunakan *castellated beam* yaitu :

1. Memodelkan struktur dalam bentuk 3D Frame dan lakukan pengeditan grid sesuai data gedung yang akan dianalisa.



**Gambar 5.3** Pemilihan Model Rangka

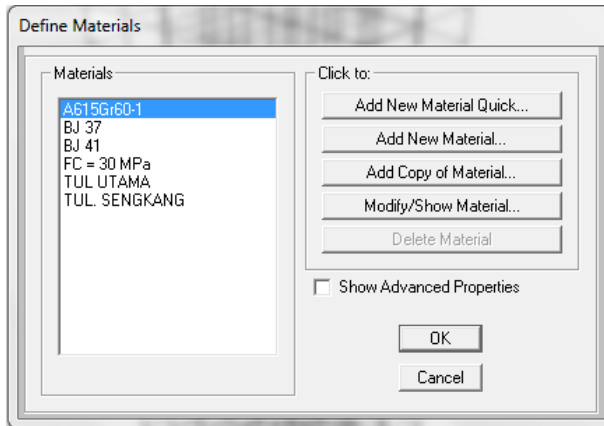
2. Klik kanan pada layar edit grid data kemudian klik modify/show system dan edit sesuai kebutuhan.



**Gambar 5.4** Input Edit Grid Data

### 3. Penentuan Jenis Material

Masukan jenis material beton dan baja sesuai perencanaan yaitu untuk mutu beton pelat lantai  $f'_c$  30 dan untuk baja menggunakan BJ41.

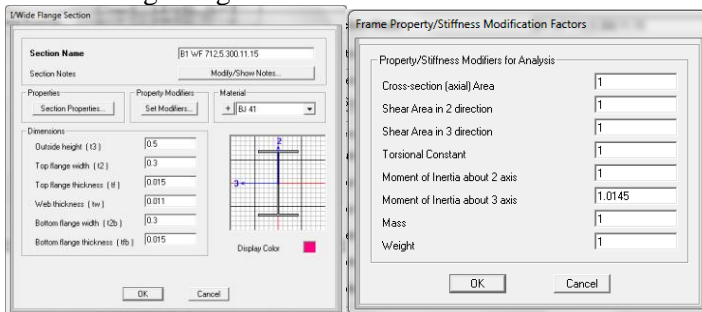


**Gambar 5.5** Input Edit Material Data

### 4. Penentuan Dimensi Frame

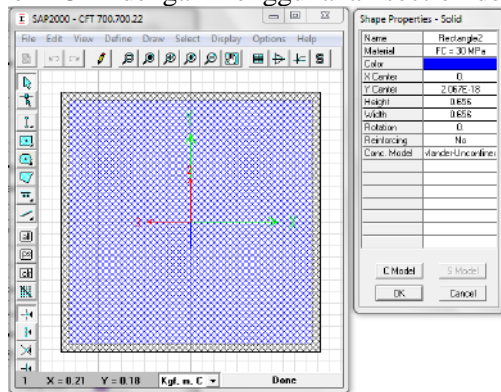
- Untuk Profil *Castellated*

Buatlah profil IWF sebelum dicastellated kemudian naikan inersia profil tersebut dengan menaikkan *moment of inertia about 3 axis* pada *section modifiers* dengan perhitungan  $I_x$  Castella rata-rata dibagi dengan  $I_x$  WF tersebut.



**Gambar 5.6** Penentuan Dimensi *Frame*

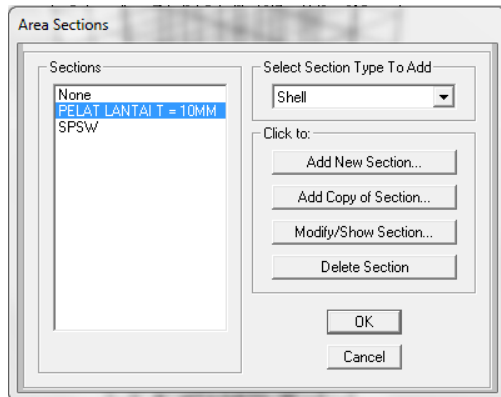
- Untuk Profil CFT  
Buatlah profil CFT dengan menggunakan section designer.



**Gambar 5.7** Penentuan Dimensi *Frame*

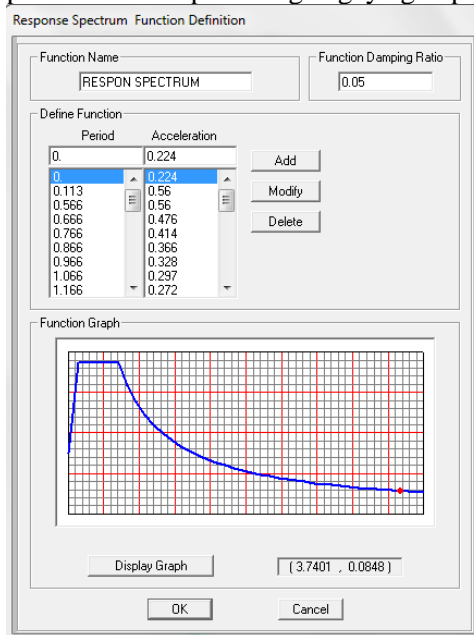
#### 5. Penentuan Dimensi Area

*Define section properties*, kemudian klik area section dan add new section. Rencanakan pelat atap, pelat parkir dan pelat lantai.



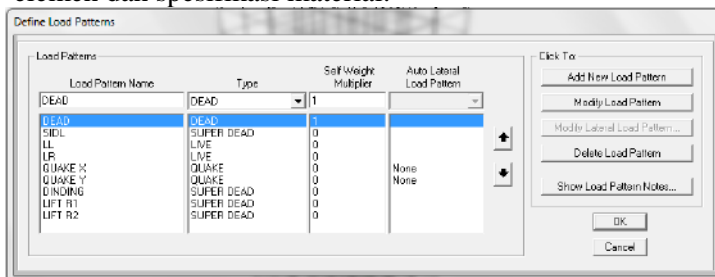
**Gambar 5.8** Input Area Section Pelat

6. *Define Response Spectrum Function*, memasukkan nilai Respon Spktrum sesuai perhitungan gaya gempa dinamis



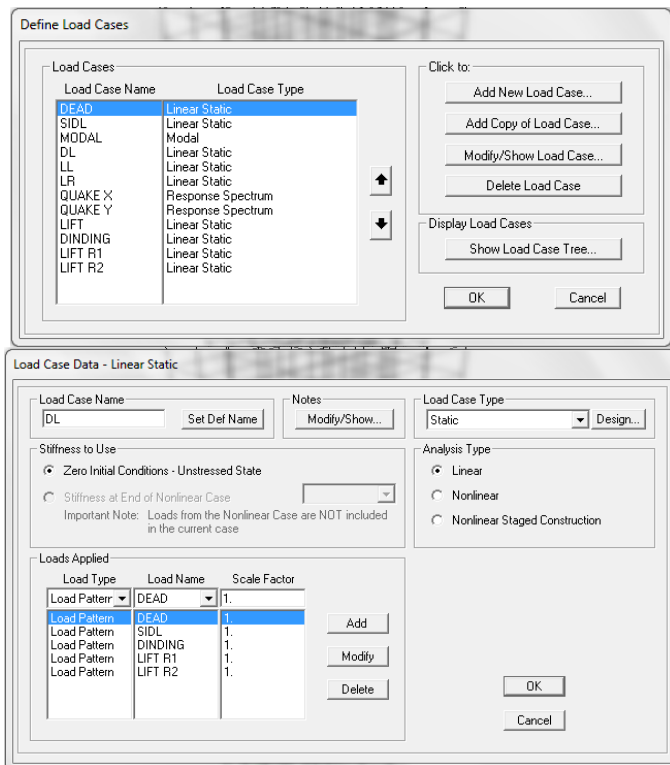
**Gambar 5.9** Input Respon Spectrum Gempa

7. *Define Load Patterns*, program SAP 2000 akan secara otomatis akan menghitung berat sendiri struktur berdasarkan penampang elemen dan spesifikasi material.



**Gambar 5.10** Input Data Load Pattern

8. *Define Load Cases*, masukkan skala faktor dari beban-beban yang akan digunakan dalam analisa sesuai *load pattern* yang telah dibuat

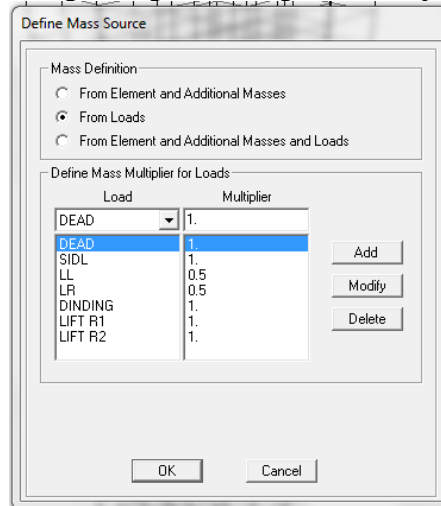


**Gambar 5.11** *Define Load Case*

9. *Define Load Combination*, masukan kombinasi beban sesuai pasal 2.3.2 SNI 1727:2013.

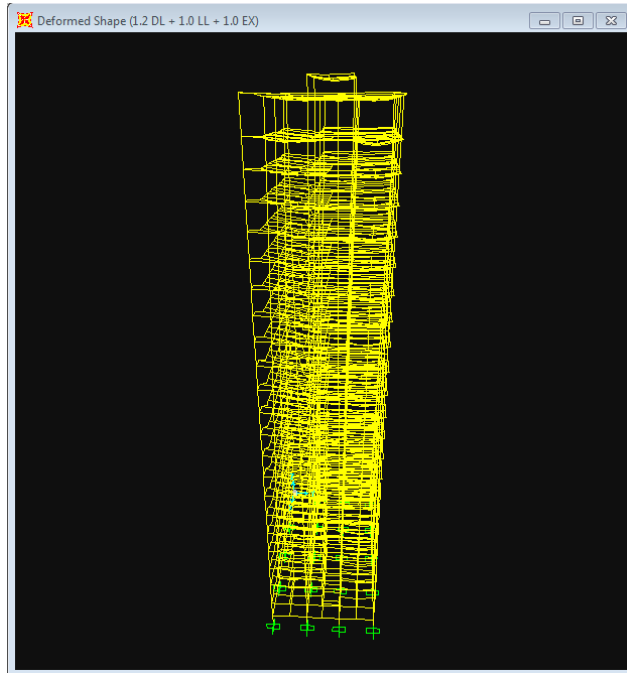


10. Tentukan nilai massa, klik *define Mass Source*, masa yang berasal dari beban hidup (LL) digunakan sebagai masa gempa sebesar 50% (fungsi bangunan sebagai fasilitas perkantoran).



**Gambar 5.12** Input Nilai Massa

11. Menggambar elemen frame (balok kolom) dan *area section* untuk pelat atap dan pelat lantai.
12. Memasukan pembebanan struktur dengan memasukkan angka pembebanan yang telah dihitung sebelumnya.
13. *Restraint*, menentukan jenis perletakan pada bagian bawah struktur. Jenis perletakan yang digunakan adalah perletakan jepit.
14. *Running*, semua (DL, LL, Gempa dan Modal) di run secara linier.
15. Untuk melihat hasil gaya dalam, pilih *frame* yang ingin ditinjau kemudian *display* dan *show table* pilih output yang akan ditinjau.



**Gambar 5.13** *Deformed Shape* Gedung

### 5.5. Kontrol Desain

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu SAP 2000, hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan-SNI 03-1726-2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut :

- Kontrol partisipasi massa.
- Kontrol periode getar struktur.
- Kontrol nilai akhir respon spektrum.
- Kontrol batas simpangan (*drift*)

Dari analisis tersebut juga diambil gaya dalam yang terjadi pada masing-masing elemen struktur untuk dilakukan pengecekan kapasitas penampang.

### 5.5.1. Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726 pasal 7.9.1, bahwa perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90% dari massa aktual dari masing-masing arah.

Dalam hal ini digunakan bantuan program SAP 2000 untuk mengetahui hasil partisipasi massa seperti pada Tabel 5.3.

Dari tabel 5.3 didapat partisipasi massa arah X sebesar 91.3% pada moda ke 7 dan partisipasi massa arah Y sebesar 90.6% pada moda ke 8. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI-03-1726-2012 pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

**Tabel 5.3 Rasio Partisipasi Massa**

<b>TABLE: Modal Participating Mass Ratios</b>				
<b>OutputCase</b>	<b>StepType</b>	<b>StepNum</b>	<b>SumUX</b>	<b>SumUY</b>
Text	Text	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.0001375	0.732
MODAL	Mode	2	0.725	0.732
MODAL	Mode	3	0.727	0.732
MODAL	Mode	4	0.727	0.873
MODAL	Mode	5	0.875	0.873
MODAL	Mode	6	0.876	0.873
MODAL	Mode	7	0.876	0.873
MODAL	Mode	8	0.877	0.928
MODAL	Mode	9	0.878	0.928
MODAL	Mode	10	0.878	0.928

MODAL	Mode	11	0.919	0.928
MODAL	Mode	12	0.919	0.928

### 5.5.2. Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI 03-1726-2012, periode fundamental struktur harus ditentukan dari :

$$T = C_t \cdot h_n^x$$

Nilai T di atas adalah batas bawah periode struktur yang ditinjau. Untuk batas atasnya dikalikan dengan koefisien batas. Besarnya koefisien tersebut tergantung dari nilai  $S_{D1}$ . Struktur gedung memiliki tinggi 52,2 m. Pada struktur ini digunakan sistem rangka baja dengan dinding geser plat baja sehingga pada tabel 15 SNI 03-1726-2012 didapatkan nilai :

$$C_t = 0,0488$$

$$x = 0,75$$

$$h_n = 79.9 \text{ m}$$

maka :

$$T = 0,0488 \times 79.9^{0,75} = 1,304 \text{ detik}$$

Nilai  $C_u$  didapat dari tabel 14 SNI 03-1726-2012, untuk nilai  $S_{D1} = 0.317$ , maka :

$$C_u \times T = 1,4 \times 1,304 = 1,826 \text{ detik}$$

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan periode dan frekuensi struktur sesuai tabel 5.4.

**Tabel 5.4** Periode dan Frekuensi Struktur Gedung

TABLE: Modal Periods And Frequencies			
OutputCase	StepType	StepNum	Period
Text	Text	Unitless	Sec
MODAL	Mode	1	1.7819

MODAL	Mode	2	1.5092
MODAL	Mode	3	1.2707
MODAL	Mode	4	0.5546
MODAL	Mode	5	0.4610
MODAL	Mode	6	0.3914
MODAL	Mode	7	0.3144
MODAL	Mode	8	0.3112
MODAL	Mode	9	0.3100
MODAL	Mode	10	0.3089
MODAL	Mode	11	0.3087
MODAL	Mode	12	0.3086

### 5.5.3. Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Berdasarkan SNI 1726-2012, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik. Rumus gaya geser statik adalah :

$$V = C_s \cdot W \quad (\text{SNI 1726-2012 Pasal 7.8.1})$$

Dimana :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0.560}{\left(\frac{7.5}{1}\right)} = 0,075$$

Nilai  $C_s$  tidak perlu diambil lebih besar dari:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0.317}{1,304\left(\frac{7.5}{1}\right)} = 0,0324 < 0,075 \quad (\text{Not OK...!})$$

Maka diambil  $C_s = 0,0324$

Dan tidak lebih kecil dari :

$$\begin{aligned} C_s &= 0,044 \times S_{DS} \times I_e \\ &= 0,044 \times 0,560 \times 1 \\ &= 0,0246 < 0,0324 \quad (\text{OK...!}) \end{aligned}$$

Dari analisis yang sudah dilakukan, didapatkan nilai berat total struktur gedung adalah :

**Tabel 5.5** Reaksi Dasar Struktur Gedung

<b>TABLE: Base Reactions</b>				
<b>OutputCase</b>	<b>CaseType</b>	<b>GlobalFX</b>	<b>GlobalFY</b>	<b>GlobalFZ</b>
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
1.0 DL + 1.0 LL	Combination	-2.817E-07	-6.543E-07	13573809.72

Dari tabel 5.5 didapat berat total struktur gedung adalah 13401595.1 kg. Maka :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{statik}} &= C_s \cdot W \\
 &= 0.0324 \times 13401595.1 \text{ kg} \\
 &= 434211.7 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP 2000 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) untuk gedung dapat dilihat pada tabel :

**Tabel 5.6** Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa Gedung

<b>TABLE: Base Reactions</b>				
<b>OutputCase</b>	<b>CaseType</b>	<b>GlobalFX</b>	<b>GlobalFY</b>	<b>GlobalFZ</b>
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
QUAKE X	LinRespSpec	150512.22	39623.25	581.12
QUAKE Y	LinRespSpec	45205.16	131881.64	811.21

Kontrol :

- Untuk gempa arah X :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{dinamik}} &\geq 85\% \times V_{\text{statik}} \\
 150512,22 \text{ kg} &> 85\% \times 434211.7 \text{ kg} \\
 150512,22 \text{ kg} &> 369079.9 \text{ kg (NOT OK)}
 \end{aligned}$$

- Untuk gempa arah Y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$$

$$131881,64 \text{ kg} > 85\% \times 434211,7 \text{ kg}$$

$$131881,64 \text{ kg} > 369079,9 \text{ kg (NOT OK)}$$

Dari kontrol di atas, analisis masih belum memenuhi syarat nilai akhir respon. Pada Pasal 11.1.4 SNI 1726-2012 Pasal 7.9.4.2 dijelaskan apabila gaya geser dasar hasil analisis kurang dari 85%, maka harus diperbesar dengan faktor skala  $0,85 \times \frac{C_s \times W}{V}$ .

Untuk arah X :

$$0,85 \times \frac{C_s \times W}{V} = 0,85 \times \frac{0,0324 \times 13401595,1}{150512,22} = 2,5$$

Untuk arah Y :

$$0,85 \times \frac{C_s \times W}{V} = 0,85 \times \frac{0,0324 \times 13401595,1}{131881,64} = 2,85$$

Setelah dikali faktor skala di atas didapatkan gaya geser dasar sebagai berikut :

**Tabel 5.7** Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa  
Setelah Dikalikan dengan Faktor Skala

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
QUAKE X	LinRespSpec	376280.55	99058.13	1452.80
QUAKE Y	LinRespSpec	128834.71	375862.67	2311.95

Kontrol :

- Untuk gempa arah X :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$$

$$376280,55 \text{ kg} > 85\% \times 434211,7 \text{ kg}$$

$$376280,55 \text{ kg} > 369079,9 \text{ kg (OK)}$$

- Untuk gempa arah Y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$$

$$375862,67 \text{ kg} > 85\% \times 434211,7 \text{ kg}$$

$$375862,67 \text{ kg} > 369079,9 \text{ kg (OK)}$$

Dari kontrol di atas dapat disimpulkan bahwa analisis struktur masih memenuhi persyaratan SNI 1726-2012 Pasal 7.8.

#### 5.5.4. Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai (*drift*)

Perhitungan simpangan antar lantai ( $\Delta$ ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa tidak terletak segaris dalam arah vertikal, diijinkan untuk menghitung defleksi didasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat diatasnya.

$\Delta$ s dihitung sebagai selisih terbesar dari defleksi titik diatas dan di bawah tingkat yang letaknya segaris secara vertikal. Defleksi pusat massa di tingkat x ( $\delta_x$ ) ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \leq \Delta_a$$

Dimana:

$\delta_{xe}$  = defleksi pada lantai ke-x yang ditentukan dengan analisis elastis

$C_d$  = faktor pembesaran defleksi (6)

$I_e$  = faktor keutamaan gedung (1,0)

$\Delta_a$  =  $0,020h_{sx}$

$\rho$  = Faktor redudansi (1,0)



**Tabel 5.8** Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa  
Arah X

<b>TABLE: Joint Displacements</b>						
<b>Lantai</b>	<b>Tinggi lantai</b>	<b>Simpangan</b>	<b>Pembesaran Simpangan</b>	<b>Simpangan antar Lantai</b>	<b>Simpangan ijin antar lantai</b>	<b>Ket.</b>
<b>l</b>	<b>hsx</b>	<b><math>\delta e</math></b>	<b><math>\delta</math></b>	<b><math>\Delta</math></b>	<b><math>\Delta a</math></b>	
	(m)		<b><math>\delta e \times (Cd=6)</math></b>	<b><math>\Delta_i - \Delta_{(i-1)}</math></b>	<b><math>0,02 \times h_{sx}</math></b>	
Ground	0	0.020	0	0	0	OK
1	3	1.380	8.280	8.280	60	OK
2	4	3.655	21.930	13.650	80	OK
3	3.6	5.856	35.136	13.206	72	OK
4	3.6	8.202	49.212	14.076	72	OK
5	3.6	10.664	63.984	14.772	72	OK
6	3.6	13.206	79.236	15.252	72	OK
7	3.6	15.851	95.106	15.870	72	OK
8	3.6	18.614	111.684	16.578	72	OK
9	3.6	21.480	128.880	17.196	72	OK
10	3.6	24.359	146.154	17.274	72	OK
11	3.6	27.219	163.314	17.160	72	OK
12	3.6	30.078	180.468	17.154	72	OK
13	3.6	32.884	197.304	16.836	72	OK
14	3.6	35.631	213.786	16.482	72	OK
15	3.6	38.289	229.734	15.948	72	OK
16	3.6	40.883	245.298	15.564	72	OK
17	3.6	43.365	260.190	14.892	72	OK
18	3.6	45.730	274.380	14.190	72	OK
19	3.6	47.964	287.784	13.404	72	OK
20	3.6	50.094	300.564	12.780	72	OK
21	3.6	52.070	312.420	11.856	72	OK
Atap	4.5	54.511	327.066	14.646	90	OK

**Tabel 5.9** Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah Y

<b>TABLE: Joint Displacements</b>						
<b>Lantai</b>	<b>Tinggi lantai</b>	<b>Simpangan</b>	<b>Pembesaran Simpangan</b>	<b>Simpangan antar Lantai</b>	<b>Simpangan ijin antar lantai</b>	<b>Ket.</b>
<b>I</b>	<b>hsx</b>	<b><math>\delta e</math></b>	<b><math>\delta</math></b>	<b><math>\Delta</math></b>	<b><math>\Delta a</math></b>	
	(m)		<b><math>\delta e \times (Cd=6)</math></b>	<b><math>\Delta_i - \Delta_{(i-1)}</math></b>	<b><math>0,02 \times hsx</math></b>	
Ground	0	0.5060	0	0	0	OK
1	3	0.5060	3.036	3.036	60	OK
2	4	1.3510	8.106	5.070	80	OK
3	3.6	2.1850	13.110	5.004	72	OK
4	3.6	3.0820	18.492	5.382	72	OK
5	3.6	4.0240	24.144	5.652	72	OK
6	3.6	4.9910	29.946	5.802	72	OK
7	3.6	5.9840	35.904	5.958	72	OK
8	3.6	6.9780	41.868	5.964	72	OK
9	3.6	7.9650	47.790	5.922	72	OK
10	3.6	8.9420	53.652	5.862	72	OK
11	3.6	9.9020	59.412	5.760	72	OK
12	3.6	10.8590	65.154	5.742	72	OK
13	3.6	11.7950	70.770	5.616	72	OK
14	3.6	12.7140	76.284	5.514	72	OK
15	3.6	13.6310	81.786	5.502	72	OK
16	3.6	14.5550	87.330	5.544	72	OK
17	3.6	15.4480	92.688	5.358	72	OK
18	3.6	16.3030	97.818	5.130	72	OK
19	3.6	17.1150	102.690	4.872	72	OK
20	3.6	17.8870	107.322	4.632	72	OK
21	3.6	18.6060	111.636	4.314	72	OK
Atap	4.5	19.4820	116.892	5.256	90	OK

Dari hasil kontrol tabel di atas maka analisis struktur memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 1726-2012 Pasal 7.9.3 dan Pasal 7.12.1.

## BAB VI

### PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER

#### 6.1. Kontrol Dimensi Balok Utama

##### 6.1.1. Kontrol Balok Induk Memanjang (B1)

Balok induk B1 direncanakan menggunakan profil asal WF 500 x 300 x 11 x 15 yang kemudian dirubah menjadi profil *octogonal castellated beam* 712.5 x 300 x 11 x 15, dengan data-data sebagai berikut:

Data profil asal WF 500 x 300 x 11 x 15

d	= 482 mm	ix	= 20.4 cm
bf	= 300 mm	iy	= 6.82 cm
tf	= 15 mm	Zx	= 2663 cm <sup>3</sup>
tw	= 11 mm	Zy	= 689 cm <sup>3</sup>
A	= 145.5 cm <sup>2</sup>	q	= 114 kg/m
Ix	= 60400 cm <sup>4</sup>	r	= 26 cm
Iy	= 6760 cm <sup>4</sup>	h	= 400 mm

Data profil *octogonal castellated beam* 712.5 x 300 x 11 x 15

dg	= 712.5 mm	b	= 69.57 mm
h	= 120.5 mm	e	= 241 mm
dt	= 165.75 mm	s	= 621.14 mm
db	= 165.75 mm	ao	= 380.14 mm
hp	= 110 mm	Ø	= 60°
ho	= 351 mm	h	= 630.5 mm

Pada balok induk memanjang didapat gaya-gaya dalam dan lendutan maksimum sebagai berikut:

$M_u$	= 39993,71 kg.m	(1,2D+1L+EX)
$V_u$	= 23415,25 kg	(1,2D+1L+EX)
$f^\circ$	= 1,28 cm	(1D+1L)

Syarat lubang ho (ASCE 4.5 halaman 3320)

$h_o$	$\leq 0,7 d_g$
351 mm	$\leq 0,7 \times 712,5 \text{ mm}$
351 mm	$\leq 498,75 \text{ mm}$

Syarat  $d_t$  dan  $d_b$  (ASCE 4.6 halaman 3320)

$$d_t \text{ dan } d_b \geq 0,15 d_g$$

$$165,75 \text{ mm} \geq 0,15 \times 712,5 \text{ mm}$$

$$165,75 \text{ mm} \geq 106,875 \text{ mm}$$

$I_x$  dan  $Z_x$  castellated beam saat penuh (tanpa lubang) :

$$\begin{aligned} I_x &= \left( \frac{1}{12} \cdot b_f \cdot d_g^3 \right) - \left( 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot \left( \frac{b_f - t_w}{2} \right) \cdot (d_g - 2t_f)^3 \right) \\ &= \left( \frac{1}{12} \cdot 300 \cdot 712.5^3 \right) - \left( 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot \left( \frac{300 - 11}{2} \right) \cdot (712.5 - 2 \times 15)^3 \right) \\ &= 1386227847.66 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_x &= \left( \frac{1}{4} \cdot b_f \cdot d_g^2 \right) - \left( 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \left( \frac{b_f - t_w}{2} \right) \cdot (d_g - 2t_f)^2 \right) \\ &= \left( \frac{1}{4} \cdot 300 \cdot 712.5^2 \right) - \left( 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \left( \frac{300 - 11}{2} \right) \cdot (712.5 - 2 \cdot 15)^2 \right) \\ &= 4419717.19 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$I_x$  dan  $Z_x$  castellated beam saat berlubang :

$$\begin{aligned} I_x &= I_x \text{ tanpa lubang} - \left( \frac{1}{12} \cdot t_w \cdot h_o^3 \right) \\ &= 1386227847.66 - \left( \frac{1}{12} \cdot 11 \cdot 351^3 \right) \\ &= 1346587925.91 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_x &= Z_x \text{ tanpa lubang} - \left( \frac{1}{4} \cdot t_w \cdot h_o^2 \right) \\ &= 4419717.19 - \left( \frac{1}{4} \cdot 11 \cdot 351^2 \right) \\ &= 4080914.44 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$I_x$  castellated beam rata-rata :

$$\begin{aligned} I_x \text{ rata-rata} &= \frac{I_x \text{ tanpa lubang} + I_x \text{ saat berlubang}}{2} \\ &= \frac{1386227847.66 \text{ mm}^4 + 1346587925.91 \text{ mm}^4}{2} \\ &= 1366407886.78 \text{ mm}^4 = 136640.79 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$I_y$  castellated beam saat penuh dan saat berlubang :

$$\begin{aligned} I_y \text{ penuh} &= 2 \left( \frac{1}{12} \cdot t_f \cdot b_f^3 \right) + \left( \frac{1}{12} \cdot (d_g - 2t_f) \cdot (t_w)^3 \right) \\ &= 2 \left( \frac{1}{12} \cdot 15 \cdot 300^3 \right) + \left( \frac{1}{12} \cdot (712.5 - 2 \cdot 15) \cdot (11)^3 \right) \\ &= 67575700.63 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_y \text{ lubang} &= I_y \text{ tanpa lubang} - \left( \frac{1}{12} \cdot h_o \cdot t_w^3 \right) \\ &= 67575700.63 - \left( \frac{1}{12} \cdot 351 \cdot 11^3 \right) \\ &= 67536768.88 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$I_y$  castellated beam rata-rata :

$$\begin{aligned} I_y \text{ rata-rata} &= \frac{I_y \text{ tanpa lubang} + I_y \text{ saat berlubang}}{2} \\ &= \frac{67575700.63 \text{ mm}^4 + 67536768.88 \text{ mm}^4}{2} \\ &= 67556234.75 \text{ mm}^4 = 6755.62 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Menghitung jari-jari girasi :

$$\begin{aligned} i_x &= \sqrt{\frac{I_x \text{ rata-rata}}{A}} = \sqrt{\frac{136640.79 \text{ cm}^4}{145.5 \text{ cm}^2}} = 30.64 \text{ cm} \\ i_y &= \sqrt{\frac{I_y \text{ rata-rata}}{A}} = \sqrt{\frac{6755.62 \text{ cm}^4}{145.5 \text{ cm}^2}} = 6.81 \text{ cm} \end{aligned}$$

1. Kontrol Penampang :

Pelat Badan :

$$\frac{h}{t_w} = \frac{630.5}{11} = 57.32$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_{pw} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{300}{2 \times 15} = 10$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

2. Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \cdot f_y \\ &= 4419,72 \cdot 2500 \\ &= 11049292,97 \text{ kg.cm} = 110492,93 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

3. Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Jarak penahan lateral ( $L_b$ ) = 200 cm

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \cdot 6,81 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} \\ &= 339,20 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kondisi Balok plastis termasuk dalam bentang pendek  
 $L_b < L_p$ .

Pada saat profil berlubang :

$$\begin{aligned} \Delta A_s &= h_o \times t_w \\ &= 351 \cdot 11 \\ &= 3861 \text{ mm}^2 = 38,61 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_p - f_y \cdot \Delta A_s \cdot \left(\frac{h_o}{4}\right) \\ &= 11049292,97 - 2500 \cdot 38,61 \cdot \left(\frac{35,1}{4}\right) \\ &= 10202286,09 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= 0,9 \times 10202286.09 = 9182057.48 \text{ kg.cm} \\ &= 91820.57 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

4. Kontrol Kapasitas Momen

$$\phi M_n = 91820.57 \text{ kg.m} \geq M_u = 39993,71 \text{ kg.m... (Ok)}$$

5. Kontrol Kuat Geser :

Syarat ASCE 3.2 hal 3326-3327 :

$$\begin{aligned}\frac{d_g - 2t_f}{t_w} &\leq \frac{1365}{\sqrt{f_y}} \\ \frac{712.5 - 2 \times 15}{11} &\leq \frac{1365}{\sqrt{250}} \\ 62.05 &\leq 86,33\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{d_g - 2t_f}{t_w} &\leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \\ \frac{712.5 - 2 \times 15}{11} &\leq \frac{1100}{\sqrt{250}} \\ 62.05 &\leq 69,57\end{aligned}$$

Karena  $\frac{d_g - 2t_f}{t_w} \leq \frac{1365}{\sqrt{f_y}}$  dan  $\frac{d_g - 2t_f}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$  maka pelat badan termasuk plastis.

Syarat ASCE 4.2 hal 3319

- Perbandingan lebar terhadap tinggi lubang

$$\begin{aligned}\frac{a_0}{h_0} &\leq 3,0 \\ \frac{380.14}{351} &\leq 3,0 \\ 1.08 &\leq 3,0 \dots \dots \text{(Ok)}\end{aligned}$$

- Kapasitas geser nominal maksimum pada lubang

$$V_m \leq \frac{2}{3} V_p$$



dimana :

$$V_p = \frac{f_y \cdot t_w \cdot d_g}{\sqrt{3}} = \frac{2500 \cdot 1.1 \cdot 71.25}{\sqrt{3}} = 113124.57 \text{ kg}$$

$$V_m = \sum V_{mt}$$

$$V_{mt} = \frac{\sqrt{6+\mu}}{v+\sqrt{3}} \cdot V_{pt} \leq V_{pt}; \mu = 0 \text{ dan } v = \frac{a_0}{d_t} = \frac{380.14}{165.75} = 2.3$$

$$V_{pt} = \frac{f_y \cdot t_w \cdot d_t}{\sqrt{3}} = \frac{2500 \cdot 1.1 \cdot 16.575}{\sqrt{3}} = 26316.35 \text{ kg}$$

$$V_{mt} = \frac{\sqrt{6+0}}{2.3+\sqrt{3}} \cdot 26316.35 = 16013.27 \text{ kg}$$

$$V_m = \sum V_{mt} = 2 \cdot 16013.27 \text{ kg} = 32026.53 \text{ kg}$$

maka :

$$V_m \leq \frac{2}{3} V_p$$

$$32026.53 \text{ kg} \leq \frac{2}{3} \times 113124.57 = 75416.38 \text{ kg} \dots (\text{Ok})$$

Kontrol kuat geser

$$V_u \leq \phi V_m$$

$$23415,25 \text{ kg} \leq 0,9 \cdot 32026.53 = 28823.88 \text{ kg} \dots (\text{Ok})$$

Parameter lubang

Syarat ASCE 4.2 hal 3319

$$P_o \leq 5,6$$

$$\left(\frac{a_o}{h_o}\right) + \left(\frac{6h_o}{d_g}\right) \leq 5,6$$

$$\left(\frac{380.14}{351}\right) + \left(\frac{6 \times 351}{712.5}\right) \leq 5,6$$

$$4.04 \leq 5,6 \dots (\text{Ok})$$

Persamaan interaksi geser-lentur (syarat ASCE hal. 3316)

$$\left(\frac{M_u}{\phi M_m}\right)^3 + \left(\frac{V_u}{\phi V_m}\right)^3 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{39993,71}{0.85 \times 102022.86}\right)^3 + \left(\frac{23415,25}{0.85 \times 32026.53}\right)^3 \leq 1,0$$

$$0,73 \leq 1,0 \dots (\text{Ok})$$

Kontrol jarak antar lubang

$$s \geq h_o$$

$$621.14 \text{ mm} \geq 351 \text{ mm} \dots (\text{Ok})$$

$$s \geq a_o \frac{\left( \frac{V_u}{\phi V_p} \right)}{1 - \frac{V_u}{\phi V_p}}$$

$$621.14 \text{ mm} \geq 380.14 \cdot \frac{\left( \frac{23415,25}{0,9 \times 113124,57} \right)}{1 - \frac{23415,25}{0,9 \times 113124,57}}$$

$$621.14 \text{ mm} \geq 113,54 \text{ mm} \dots (\text{Ok})$$

6. Kontrol Lendutan :

$$f^o = 1,28 \text{ cm} < f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{920}{360} = 2.56 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

Jadi, profil *Octogonal Castellated Beam* 712.5 x 300 x 11 x 15 dapat digunakan sebagai balok induk melintang lantai tersebut.

### 6.1.2. Kontrol Balok Induk Melintang (B2)

Balok induk B2 direncanakan menggunakan profil asal WF 500 x 200 x 10 x 16 yang kemudian dirubah menjadi profil *octogonal castellated beam* 710 x 200 x 10 x 16, dengan data- data sebagai berikut:

Data profil asal WF 500 x 200 x 10 x 16

d	= 500 mm	ix	= 20.5 cm
bf	= 200 mm	iy	= 4.33 cm
tf	= 16 mm	Zx	= 2096 cm <sup>3</sup>
tw	= 10 mm	Zy	= 332 cm <sup>3</sup>
A	= 114.2 cm <sup>2</sup>	q	= 89.7 kg/m
Ix	= 47800 cm <sup>4</sup>	r	= 20 cm
Iy	= 2140 cm <sup>4</sup>	h	= 428 mm

Data profil *octogonal castellated beam* 710 x 200 x 10 x 16

dg	= 710 mm	b	= 72.17 mm
h	= 125 mm	e	= 250 mm

dt	= 171.5 mm	s	= 644.34 mm
db	= 171.5 mm	ao	= 394.34 mm
hp	= 85 mm	Ø	= 60°
ho	= 335 mm	h	= 638 mm

Pada balok induk melintang didapat gaya-gaya dalam dan lendutan maksimum sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 M_u &= 35790,56 \text{ kg.m} & (1,2D+1L+EY) \\
 V_u &= 20116,45 \text{ kg} & (1,2D+1L+EY) \\
 f^o &= 1,27 \text{ cm} & (1D+1L)
 \end{aligned}$$

Syarat lubang ho (ASCE 4.5 halaman 3320)

$$\begin{aligned}
 h_o &\leq 0,7 d_g \\
 335 \text{ mm} &\leq 0,7 \times 710 \text{ mm} \\
 335 \text{ mm} &\leq 346,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat dt dan db (ASCE 4.6 halaman 3320)

$$\begin{aligned}
 d_t \text{ dan } d_b &\geq 0,15 d_g \\
 171,5 \text{ mm} &\geq 0,15 \times 710 \text{ mm} \\
 171,5 \text{ mm} &\geq 74,25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$I_x$  dan  $Z_x$  castellated beam saat penuh (tanpa lubang) :

$$\begin{aligned}
 I_x &= \left( \frac{1}{12} \cdot b_f \cdot d_g^3 \right) - \left( 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot \left( \frac{b_f - t_w}{2} \right) \cdot (d_g - 2t_f)^3 \right) \\
 &= \left( \frac{1}{12} \cdot 200 \cdot 710^3 \right) - \left( 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot \left( \frac{200-10}{2} \right) \cdot (710-2 \times 16)^3 \right) \\
 &= 1030475593,33 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_x &= \left( \frac{1}{4} \cdot b_f \cdot d_g^2 \right) - \left( 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \left( \frac{b_f - t_w}{2} \right) \cdot (d_g - 2t_f)^2 \right) \\
 &= \left( \frac{1}{4} \cdot 200 \cdot 710^2 \right) - \left( 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \left( \frac{200-10}{2} \right) \cdot (710-2 \cdot 16)^2 \right) \\
 &= 3370010 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$I_x$  dan  $Z_x$  castellated beam saat berlubang :

$$\begin{aligned} I_x &= I_x \text{ tanpa lubang} - \left( \frac{1}{12} \cdot t_w \cdot h_o^3 \right) \\ &= 1030475593.33 - \left( \frac{1}{12} \cdot 10 \cdot 335^3 \right) \\ &= 999146114.17 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_x &= Z_x \text{ tanpa lubang} - \left( \frac{1}{4} \cdot t_w \cdot h_o^2 \right) \\ &= 3370010 - \left( \frac{1}{4} \cdot 10 \cdot 335^2 \right) \\ &= 3089447.5 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$I_x$  castellated beam rata-rata :

$$\begin{aligned} I_{x \text{ rata-rata}} &= \frac{I_x \text{ tanpa lubang} + I_x \text{ saat berlubang}}{2} \\ &= \frac{1030475593.33 \text{ mm}^4 + 999146114.17 \text{ mm}^4}{2} \\ &= 1014810853.75 \text{ mm}^4 = 101481.09 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$I_y$  castellated beam saat penuh dan saat berlubang :

$$\begin{aligned} I_{y \text{ penuh}} &= 2 \times \left( \frac{1}{12} \cdot t_f \cdot b_f^3 \right) + \left( \frac{1}{12} \cdot (d_g - 2t_f) \cdot (t_w)^3 \right) \\ &= 2 \times \left( \frac{1}{12} \cdot 16 \cdot 200^3 \right) + \left( \frac{1}{12} \cdot (710 - 2 \cdot 16) \cdot (10)^3 \right) \\ &= 21389833.33 \text{ mm}^4 \\ I_{y \text{ lubang}} &= I_y \text{ tanpa lubang} - \left( \frac{1}{12} \cdot h_o \cdot t_w^3 \right) \\ &= 21389833.33 - \left( \frac{1}{12} \cdot 335 \cdot 10^3 \right) \\ &= 21361916.67 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$I_y$  castellated beam rata-rata :

$$\begin{aligned} I_{y \text{ rata-rata}} &= \frac{I_y \text{ tanpa lubang} + I_y \text{ saat berlubang}}{2} \\ &= \frac{21389833.33 \text{ mm}^4 + 21361916.67 \text{ mm}^4}{2} \\ &= 21375875 \text{ mm}^4 = 2137.59 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Menghitung jari-jari girasi :

$$i_x = \sqrt{\frac{I_{x \text{ rata-rata}}}{A}} = \sqrt{\frac{101481.09 \text{ cm}^4}{114.2 \text{ cm}^2}} = 29.81 \text{ cm}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_{y \text{ rata-rata}}}{A}} = \sqrt{\frac{2137.59 \text{ cm}^4}{114.2 \text{ cm}^2}} = 4.33 \text{ cm}$$

### 1. Kontrol Penampang :

Pelat Badan :

$$\frac{h}{t_w} = \frac{638}{10} = 63.80$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_{pw} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

Pelat Sayap :

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 16} = 6.25$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{b_f}{2t_f} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

### 2. Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x f_y \\ &= 3370,01 \cdot 2500 \\ &= 8425025 \text{ kg.cm} = 84250.25 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

### 3. Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Jarak penahan lateral ( $L_b$ ) = 150 cm

$$\begin{aligned} L_p &= 1.76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1.76 \cdot 4,33 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} \\ &= 215.37 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kondisi Balok plastis termasuk dalam bentang pendek  
 $L_b < L_p$ .

Pada saat profil berlubang :

$$\begin{aligned}\Delta A_s &= h_o \cdot t_w \\ &= 335 \cdot 10 \\ &= 3350 \text{ mm}^2 = 33.5 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_n &= M_p - f_y \cdot \Delta A_s \cdot \left(\frac{h_o}{4}\right) \\ &= 8425025 - 2500 \cdot 33.5 \cdot \left(\frac{33.5}{4}\right) \\ &= 7723618.75 \text{ kg.cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= 0.9 \cdot 7723618.75 = 6951256.88 \text{ kg.cm} \\ &= 69512.57 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

#### 4. Kontrol Kapasitas Momen

$$\phi M_n = 69512.57 \text{ kg.m} \geq M_u = 35790.56 \text{ kg.m} \dots (\text{Ok})$$

#### 5. Kontrol Kuat Geser :

Syarat ASCE 3.2 hal 3326-3327 :

$$\begin{aligned}\frac{\frac{d_g - 2t_f}{t_w}}{\frac{710 - 2 \times 16}{10}} &\leq \frac{\frac{1365}{\sqrt{f_y}}}{\frac{1365}{\sqrt{250}}} \\ 67.80 &\leq 86.33\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{\frac{d_g - 2t_f}{t_w}}{\frac{710 - 2 \times 16}{10}} &\leq \frac{\frac{1100}{\sqrt{f_y}}}{\frac{1100}{\sqrt{250}}} \\ 67.80 &\leq 69.57\end{aligned}$$

Karena  $\frac{d_g - 2t_f}{t_w} \leq \frac{1365}{\sqrt{f_y}}$  dan  $\frac{d_g - 2t_f}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$  maka pelat badan termasuk plastis.

Syarat ASCE 4.2 hal 3319

- Perbandingan lebar terhadap tinggi lubang

$$\frac{a_0}{h_0} \leq 3,0$$

$$\frac{394.34}{335} \leq 3,0$$

$$1.18 \leq 3,0 \dots \dots (\text{Ok})$$

- Kapasitas geser nominal maksimum pada lubang

$$V_m \leq \frac{2}{3} V_p$$

dimana :

$$V_p = \frac{f_y \cdot t_w \cdot d_g}{\sqrt{3}} = \frac{2500 \cdot 1 \cdot 71}{\sqrt{3}} = 102479.67 \text{ kg}$$

$$V_m = \sum V_{mt}$$

$$V_{mt} = \frac{\sqrt{6} + \mu}{v + \sqrt{3}} \cdot V_{pt} \leq V_{pt}; \mu = 0 \text{ dan } v = \frac{a_0}{d_t} = \frac{394.34}{171.5} = 2.3$$

$$V_{pt} = \frac{f_y \cdot t_w \cdot d_t}{\sqrt{3}} = \frac{2500 \cdot 1 \cdot 17.15}{\sqrt{3}} = 24753.89 \text{ kg}$$

$$V_{mt} = \frac{\sqrt{6} + 0}{2.3 + \sqrt{3}} \cdot 24753.89 = 15040.55 \text{ kg}$$

$$V_m = \sum V_{mt} = 2 \cdot 15040.55 \text{ kg} = 30081.10 \text{ kg}$$

maka :

$$V_m \leq \frac{2}{3} V_p$$

$$30081.10 \text{ kg} \leq \frac{2}{3} \cdot 102479.67 = 68319.78 \text{ kg} \dots \dots (\text{Ok})$$

Kontrol kuat geser

$$V_u \leq \phi V_m$$

$$20116,45 \text{ kg} \leq 0,9 \cdot 30081.10 = 27072.99 \text{ kg} \dots \dots (\text{Ok})$$

Parameter lubang

Syarat ASCE 4.2 hal 3319

$$P_o \leq 5,6$$

$$\left( \frac{a_o}{h_o} \right) + \left( \frac{6h_o}{d_g} \right) \leq 5,6$$

$$\left( \frac{394.34}{335} \right) + \left( \frac{6 \times 335}{710} \right) \leq 5,6$$

$$4.01 \leq 5,6 \dots \dots (\text{Ok})$$

Persamaan interaksi geser-lentur (syarat ASCE hal. 3316)

$$\left(\frac{M_u}{\phi M_m}\right)^3 + \left(\frac{V_u}{\phi V_m}\right)^3 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{35790,56}{0,85 \times 77236,19}\right)^3 + \left(\frac{20116,45}{0,85 \times 30081,10}\right)^3 \leq 1,0$$

$$0,65 \leq 1,0 \dots (\text{Ok})$$

Kontrol jarak antar lubang

$$s \geq h_o$$

$$644.34 \text{ mm} \geq 335 \text{ mm} \dots (\text{Ok})$$

$$s \geq a_o \frac{\left(\frac{V_u}{\phi V_p}\right)}{1 - \frac{V_u}{\phi V_p}}$$

$$644.34 \text{ mm} \geq 394.34 \cdot \frac{\left(\frac{20116,45}{0,9 \times 102479,67}\right)}{1 - \frac{20116,45}{0,9 \times 102479,67}}$$

$$644.34 \text{ mm} \geq 110 \text{ mm} \dots (\text{Ok})$$

6. Kontrol Lendutan :

$$f^o = 1,27 \text{ cm} < f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{800}{360} = 2.22 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

Jadi, profil *Octogonal Castellated Beam* 710 x 200 x 10 x 16 dapat digunakan sebagai balok induk memanjang lantai tersebut.



## 6.2. Kontrol Dimensi Kolom

### 6.2.1. Kontrol Kolom Pada Lantai G-5

Pada perencanaan ini ditunjukkan contoh perhitungan kolom lantai 1-4. Direncanakan komposit CFT dengan profil HSS  $700 \times 700 \times 22 \times 22$  dan panjang kolom 400 cm. Data-data profil disajikan sebagai berikut :

d	= 700 mm	$I_x = 432500 \text{ cm}^4$	$Z_x = 22531 \text{ cm}^3$
$b_f$	= 700 mm	$I_y = 432500 \text{ cm}^4$	h = 656 mm
$t_w$	= 22 mm	$i_x = 27.4 \text{ cm}$	$f_y = 250 \text{ Mpa}$
$t_f$	= 22 mm	$i_y = 27.4 \text{ cm}$	
A	= $575.9 \text{ cm}^2$	$S_x = 19415 \text{ cm}^3$	

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan gaya dalam yang bekerja sebagai berikut :

$$P_u = 818405,73 \text{ kg}$$

$$P_{nt} = 818405,73 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = 11517,91 \text{ kgm}$$

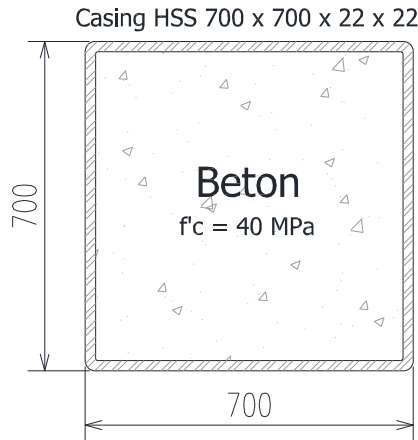
$$M_{uy} = 19590,46 \text{ kgm}$$

Bahan :

$$\text{BJ 41 : } f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Beton : } f_c' = 40 \text{ Mpa} = 400 \text{ kg/cm}^2$$



**Gambar 6.1** Penampang Kolom Komposit CFT dengan Profil HSS 700 × 700 × 22 × 22

a. Kuat nominal tekan kolom komposit

- Kontrol luas penampang minimum profil baja

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% = \frac{575.9}{4303.36 + 575.9} = 11.80\% \geq 4\% \dots \text{OK!}$$

- Kontrol tebal minimum penampang persegi

$$t_{\min} = b \times \sqrt{\frac{f_y}{3E}}$$

$$t_{\min} = 700 \times \sqrt{\frac{240}{3 \times 2 \times 10^5}} = 14.29 \text{ mm} \leq 25 \text{ mm} \dots \text{OK!}$$

- Kuat nominal tekan kolom komposit

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{700}{2 \times 22} = 15.91$$

$$\lambda_p = 2.26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2.26 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63.92$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 15.91 \leq 63.92 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Sehingga kekuatan nominal tekan diperhitungkan sebagai berikut :

$$P_{no} = P_p$$

$$P_p = f_y A_s + C_2 f_c' \left( A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right)$$

$$P_p = 2500 \times 575.9 + 0.85 \times 400(4303.36 + 0)$$

$$P_p = P_{no} = 2902892 \text{ kg}$$

b. Momen nominal kolom

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{700}{2 \times 22} = 15.91$$

$$\lambda_p = 1.12 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.12 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 31.68$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 15.91 \leq 31.68 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 12360 = 30900000 \text{ kgcm} \\ &= 309000 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0.9 \times 309000 \\ &= 278100 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

Panjang tak terkekang adalah tinggi kolom- $d_{balok}$

$$L_b = 400 - 70 = 330 \text{ cm.}$$

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 27.4 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 1363.98 \text{ cm}$$

$$L_b \leq L_p \rightarrow 330 \text{ cm} \leq 1363.98 \text{ cm} \rightarrow \text{bentang pendek}$$

- Karena bentang pendek, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 12360 = 30900000 \text{ kgcm} \\ &= 309000 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned}\phi_b \cdot M_n &= 0.9 \times 309000 \\ &= 278100 \text{ kgm}\end{aligned}$$

- c. Kekuatan lentur dan aksial orde kedua

Momen lentur dan aksial terfaktor arah X dan Y ditentukan berdasarkan persamaan berikut ini:

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt}$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_t$$

- Arah sumbu X :

- Kontrol momen terhadap beban gravitasi dan lateral

Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$B_1 = 1$$

$$B_2 = 1$$

$$M_1 = 10114$$

$$M_2 = 19590$$

- Momen terfaktor pada sumbu X

$$\begin{aligned}M_{rx} &= (1 \times 19590) + (1 \times 11517,91) \\ &= 31108,4 \text{ kgm}\end{aligned}$$

- Arah sumbu Y :

- Kontrol momen terhadap beban gravitasi dan lateral

Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$B_1 = 1$$

$$B_2 = 1$$

$$M_1 = 8331$$

$$M_2 = 11518$$

- Momen terfaktor pada sumbu Y

$$\begin{aligned}M_{ry} &= (1 \times 11518) + (1 \times 19590,46) \\ &= 31108,4 \text{ kgm}\end{aligned}$$

- Kuat aksial orde kedua

$$\begin{aligned}P_r &= (818405,73) + (1 \times 818405,73) \\ &= 1636811,46 \text{ kg}\end{aligned}$$

- d. Kontrol interaksi aksial-momen

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{P_r}{\phi_c P_n} = \frac{1636811,46}{0,9 \times 2902892} = 0,63 \geq 0,2$$

Maka digunakan rumus interaksi pertama sebagai berikut:

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{1528172}{0,9 \times 2902892} + \frac{8}{9} \left( \frac{31074,42}{278100} + \frac{13999,79}{278100} \right) = 0,825 \leq 1,0$$

Hasil kontrol interaksi yaitu  $0,825 \leq 1,00$  , maka kolom dapat dipakai.

### 6.3. Perhitungan Dinding Geser Pelat Baja (SPSW)

Dari hasil analisa SAP2000 didapatkan gaya geser pada dinding geser plat baja yaitu :

$$V_u = 31280,16 \text{ kg}$$

$$\text{BJ 37} : f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2 \text{ dan } f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Dimensi} : L \times h = 2,9 \text{ m} \times 4 \text{ m}$$

- a. Tebal Dinding Geser Plat Baja

Asumsi sudut tarik SPSW  $30^\circ$  dari *VBE*.

$$\phi V_n = 0,90 \times 0,42 \times f_y \times t_w \times L_{cf} \times \sin(2\alpha)$$

$$31280,16 = 0,90 \times 0,42 \times 2400 \times t_w \times 290 \times \sin(2 \times 30^\circ)$$

$$t_w = 0,14 \text{ cm, maka digunakan } t_{w \text{ min}} = 0,4 \text{ cm}$$

b. Sudut Tarik Aktual Sesuai Ketebalan SPSW

$$\alpha = \tan^{-1} \sqrt[4]{\frac{1 + \frac{tL}{2A_c}}{1 + t \cdot h \left[ \frac{1}{A_b} + \frac{h^3}{360 I_c L} \right]}}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \sqrt[4]{\frac{1 + \frac{0.5 \times 290}{2 \times 534.8}}{1 + 0.5 \times 400 \left[ \frac{1}{145.5} + \frac{200^3}{360 \times 303700 \times 290} \right]}}$$

$$\alpha = 41,12^\circ \text{ memenuhi syarat } 30^\circ < \alpha < 55^\circ$$

c. Kekuatan Geser Aktual SPSW

$$\begin{aligned}\phi V_n &= 0.90 \times 0.42 \times f_y \times t_w \times L_{cf} \times \sin(2\alpha) \\ \phi V_n &= 0.90 \times 0.42 \times 2400 \times 0.5 \times 290 \times \sin(2 \times 41,12^\circ) \\ \phi V_n &= 104269,25 \text{ kg} > 31280,16 \text{ kg} \text{ (OK)}\end{aligned}$$

### 6.1.1 Kontrol Desain Balok (HBE)

Balok yang digunakan untuk dinding geser plat baja direncanakan menggunakan profil WF 500 × 300 × 11 × 15.

Data Profil :

d	= 482 mm	ix	= 20.4 cm
bf	= 300 mm	iy	= 6.82 cm
tf	= 15 mm	Zx	= 2663 cm <sup>3</sup>
tw	= 11 mm	Zy	= 689 cm <sup>3</sup>
A	= 145.5 cm <sup>2</sup>	q	= 114 kg/m
Ix	= 60400 cm <sup>4</sup>	r	= 26 cm
Iy	= 6760 cm <sup>4</sup>	h	= 400 mm

Balok perlu dikontrol akibat adanya distribusi gaya dari SPSW.

a. Momen Pada Balok (HBE) Akibat SPSW

$$M_u = \frac{q_u L_h^2}{8}$$

Menentukan nilai  $q_u$  :

$$\begin{aligned}q_u &= R_y f_y (t_{w1} \cos^2 \alpha_1 - t_{w2} \cos^2 \alpha_2) \\ q_u &= 1.5 \times 2500 (0.4 \times \cos^2 41,12^\circ - 0.4 \times \cos^2 41,12^\circ) \\ q_u &= 0 \text{ kg/cm}\end{aligned}$$

- Panjang beban terbagi merata  $q_u$  :

$$\begin{aligned} L_h &= L - 2 \left[ \frac{1}{2} (d_c + d_b) \right] \\ &= 290 - 2 \left[ \frac{1}{2} (70 + 48.2) \right] \\ &= 281.8 \text{ cm} = 2.8 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi, momen pada balok (*HBE*) akibat *SPSW* :

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{0 \times 2.8^2}{8} \\ &= 0 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Momen tersebut adalah momen akibat dari *SPSW* sehingga perlu ditambah dengan momen akibat beban gravitasi :

$$\begin{aligned} M_u &= 0 + 8063,58 \text{ kg.m} \\ &= 8063,58 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

b. Gaya Aksial Pada Balok (*HBE*)

$$P_{HBE} = P_{HBE(VBE)} \pm \frac{1}{2} P_{HBE(web)}$$

Dimana :

$$P_{HBE(VBE)} = \Sigma \frac{1}{2} R_y f_y \sin^2(\alpha) t_w h_c$$

$$\begin{aligned} P_{HBE(VBE)} &= \frac{1}{2} \times 1.5 \times 2500 \times (2 \times \sin^2(41,12^\circ) \times 0.5 \times (400 - 48.2)) \\ &= 163321,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{HBE(web)} &= \frac{1}{2} R_y f_y [t_1 \sin(2\alpha_1) - t_{1+1} \sin(2\alpha_{1+1})] L_{cf} \\ &= [0.5 \sin(2 \times 41,12^\circ) - 0.5 \sin(2 \times 41,12^\circ)] = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{HBE(web)} &= \frac{1}{2} \times 1.5 \times 2500 \times 0 \times (290 - 48.2) \\ &= 0 \text{ kg} \end{aligned}$$

Nilai  $P_{HBE}$  pada balok akibat distribusi gaya dari *SPSW* adalah :

$$\begin{aligned} P_{HBE} &= 163321,2 \text{ kg} \pm \frac{1}{2} \times 0 \\ &= 163321,2 \text{ kg (tekan)} \end{aligned}$$

Nilai  $P_{HBE}$  pada balok merupakan aksial tekan, sehingga perlu diperhitungkan dengan analisis orde kedua pendekatan.

$B_1 = 1$  (Didapatkan dari output SAP2000)

Karena nilai  $B_1 = 1$ , maka faktor perbesaran momen tersebut digunakan dalam perhitungan berikut :

$$P_r = P_u = 163321,2 \text{ kg}$$

$$M_r = B_1 \cdot M_{nt} + B_2 \cdot M_{lt}$$

$$M_r = 1 \times 8063,58 \text{ kg.m}$$

$$M_r = 8063,58 \text{ kg.m}$$

c. Gaya Geser Pada Balok (*HBE*) akibat *SPSW*

Rumus gaya geser yang digunakan :

$$V_u = \frac{2 M_{pr}}{L_h} + V_{ug}$$

Momen lentur balok,  $M_{pr}$ , dihitung dengan berdasarkan  $V_u$  balok yang telah diperlemah (strength reduced) dengan asumsi  $2/3$  dari modulus penampang plastis balok.

$$M_{pr} = 1.1 R_y f_y Z_{RBS}$$

$$M_{pr} = 1.1 \times 1.5 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times \left(\frac{2}{3} \times 2663 \text{ cm}^3\right)$$

$$M_{pr} = 7323250 \text{ kg.cm}$$

$$M_{pr} = 73232.5 \text{ kg.m}$$

Gaya aksial *HBE* pada sambungan mungkin digunakan untuk menghitung kekuatan lentur yang telah diperlemah pada sendi plastis.

$$P_y = f_y A_g$$

$$P_y = 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 145.5 \text{ cm}^2$$

$$P_y = 363750 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{P_y} = \frac{163321,2}{363750} = 0.449 > 0.2$$



maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$M_{pr}^* = \frac{9}{8}(M_{pr}) \left[ 1 - \frac{P_{u(HBE)}}{P_y} \right]$$

$$M_{pr}^* = \frac{9}{8}(73232.5) \left[ 1 - \frac{163321,2}{363750} \right]$$

$$M_{pr}^* = 45395,58 \text{ kg.m}$$

$V_{ug}$  adalah gaya geser akibat beban gravitasi yang didapat dari hasil output SAP2000.

$$V_{ug} = 7890,59 \text{ kg}$$

Jadi,

$$V_u = \frac{2 \times 45395,58}{4} + 7890,59$$

$$= 39197,89 \text{ kg}$$

d. Kontrol Penampang Profil Terhadap Gaya Lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} = \frac{400}{11} = 36.36$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.35$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{300}{2 \times 15} = 10.00$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.75$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$M_p = F_y \cdot Z_x$$

$$= 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 2663 \text{ cm}^3$$

$$= 6657500 \text{ kg.cm}$$

$$= 66575 \text{ kg.m}$$

Cek Kemampuan Penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$0,9 \cdot 66575 \text{ kg.m} \geq 7890,59 \text{ kg.m}$$

$$59917,5 \text{ kg.m} \geq 7890,59 \text{ kg.m} \quad (\text{OK})$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$L_b$  adalah panjang tak terkekang

$$L_b = 290 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1.76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1.76 \cdot 6.9 \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} \\ &= 350.57 \text{ cm} \end{aligned}$$

Karena  $L_b \leq L_p$ , penampang termasuk dalam bentang pendek, sehingga  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= F_y \cdot Z_x \\ &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 2663 \text{ cm}^3 \\ &= 6657500 \text{ kg.cm} \\ &= 66575 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Kemampuan Penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$0,9 \cdot 66575 \text{ kg.m} \geq 7890,59 \text{ kg.m}$$

$$59917,5 \text{ kg.m} \geq 7890,59 \text{ kg.m} \quad (\text{OK})$$

e. Kontrol Penampang profil Terhadap Gaya Geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{400}{11} = 36.36 \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 71$$

Maka  $C_v = 1.0$ , sehingga :

$$\phi V_n = \phi 0,6 f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot (48.2 \cdot 1.1) \cdot 1$$

$$\phi V_n = 71577 \text{ kg} > V_u = 39197,89 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

f. Kekuatan Tekan Balok (*HBE*)

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g$$

$$K = 1$$

$$L = 290 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} F_e &= \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \\ &= \frac{\pi^2 2000000 \text{ kg/cm}^2}{\left(\frac{1 \cdot 290 \text{ cm}}{6.9 \text{ cm}}\right)^2} \\ &= 10789,3 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\frac{F_y}{F_e} = \frac{2500 \text{ kg/cm}^2}{10789,3 \text{ kg/cm}^2} = 0.232 \leq 2.25, \text{ digunakan rumus :}$$

$$F_{cr} = \left[ 0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right] F_y = [0.658^{0.232}] \times 2500 = 2268,93 \text{ kg/cm}^2$$

Jadi :

$$\begin{aligned} P_n &= F_{cr} \cdot A_g \\ &= 2268,93 \text{ kg/cm}^2 \cdot 145.5 \text{ cm}^2 \\ &= 330129,19 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= 0.85 \times 330129,19 \\ &= 297116,3 \text{ kg} > 163321,2 \text{ kg} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

g. Interaksi Aksial dan Lentur Balok (*HBE*)

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{163321,2}{272216,3} = 0.55 > 0.2$$

Maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_r}{M_c} \right) &\leq 1 \\ \frac{163321,2}{272216,3} + \frac{8}{9} \left( \frac{7890,59}{59917,5} \right) &\leq 1 \\ 0.67 &\leq 1 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

h. Kontrol Momen Inersia Balok (*HBE*) terhadap *SPSW*

$$\begin{aligned}
 I_{HBE} &\geq 0.003 \frac{(\Delta t_w)L^4}{h} \\
 &= 0.003 \frac{(0) \times 400^4}{200} \\
 I_{HBE} &= 60400 \geq 0 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

i. Kontrol Ketebalan Plat Badan Balok (*HBE*)

$$\begin{aligned}
 t_{wHBE} &\geq \frac{t_w R_y f_y}{f_{yHBE}} \\
 &\geq \frac{0.4 \times 1.5 \times 2500}{2500} \\
 &\geq 0.58 \text{ cm} \\
 t_w &= 1.1 \text{ cm} \geq 0.58 \text{ cm} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Balok WF 500 x 300 x 11 x 15 dapat digunakan sebagai balok (*HBE*) komponen *SPSW*.

### 6.1.2 Kontrol Desain Kolom (*VBE*)

Kolom pada dinding geser direncanakan komposit CFT dengan profil HSS 700 x 700 x 22 x 22 dengan mutu inti beton  $f_c = 40$  MPa dan panjang kolom 400 cm. Data-data profil disajikan sebagai berikut :

d	= 700 mm	$I_x$	= 432500 cm <sup>4</sup>	$Z_x$	= 12360 cm <sup>3</sup>
b <sub>f</sub>	= 700 mm	$I_y$	= 432500 cm <sup>4</sup>	h	= 656 mm
t <sub>w</sub>	= 22 mm	i <sub>x</sub>	= 27.4 cm	f <sub>y</sub>	= 250 Mpa
t <sub>f</sub>	= 22 mm	i <sub>y</sub>	= 27.4 cm		
A	= 575.9 cm <sup>2</sup>	S <sub>x</sub>	= 19415 cm <sup>3</sup>		

a. Gaya aksial pada kolom (*VBE*)

$$P_u = 788849,2 \text{ kg (akibat beban gravitasi)}$$

$$\begin{aligned}
 E_m &= \sum \frac{1}{2} R_y f_y \sin(2\alpha) t_w h + \sum V_u \\
 &= \frac{1}{2} \times 1.5 \times 2500 \times [\sin(2 \times 43.02^\circ) \times 0.4 \times 400 \times 2] \\
 &\quad + (2 \times 39197,89) \\
 &= 485067,3 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{u \text{ total}} &= 788849,2 + 485067,3 \\
 &= 1273916,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Nilai  $P_{HBE}$  pada balok merupakan aksial tekan, sehingga perlu diperhitungkan dengan analisis orde kedua pendekatan.

$B_1 = 1$  (Didapat dari output sap2000)

Karena nilai  $B_1 = 1$ , maka faktor perbesaran momen tersebut digunakan dalam perhitungan momen.

$$P_r = P_u = 1273916,5 \text{ kg}$$

- b. Momen pada kolom ( $VBE$ ) akibat  $SPSW$
- Momen lentur akibat dari tarikan dinding geser ( $SPSW$ ) pada sambungan.

$$\begin{aligned}
 M_{VBE(web)} &= R_y f_y \sin^2(\alpha) t_w \left( \frac{h_c^2}{12} \right) \\
 &= 1.5 \times 2500 \times \sin^2(41,12^\circ) \times 0.4 \times \left( \frac{400^2}{12} \right) \\
 &= 4864610 \text{ kgcm} \\
 &= 48646,1 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- Momen lentur pada kondisi kolom ( $VBE$ ) mengalami tekan.

$$\begin{aligned}
 M_{VBE(HBE)} &= \frac{1}{2} \sum M_{pb} \\
 M_{pb} &= \frac{M_{pr}}{1.1 R_y} + V_{ush} \\
 &= \frac{73232.5}{1.1 \times 1.5} + 39197,89 \times \left[ \frac{70}{2} + \frac{70}{2} \right] \\
 &= 7182185 \text{ kgcm} \\
 &= 71821,85 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{VBE(HBE)} &= \frac{1}{2} \sum M_{pb} \\
 &= 0.5 \times (71821,85 + 71821,85) \\
 &= 71821,85 \text{ kgm} \\
 M_u &= M_{VBE(web)} + M_{VBE(HBE)} \\
 &= 48646,1 + 71821,85 \\
 &= 120467,95 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- Nilai  $B_1 = 1$ , faktor perbesaran momen tersebut digunakan dalam perhitungan berikut:

$$\begin{aligned}
 M_r &= B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt} \\
 &= 1 \times 120467,95 \\
 &= 120467,95 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- c. Gaya geser pada kolom ( $V_{BE}$ ) akibat  $SPSW$

$$\begin{aligned}
 V_{VBE(web)} &= \frac{1}{2} R_y f_y \sin^2(\alpha) t_w h_c \\
 &= 1.5 \times 2500 \times \sin^2(41,12^\circ) \times 0.4 \times 400 \\
 &= 97292,2 \text{ kg} \\
 V_{VBE(HBE)} &= \sum \frac{1}{2} \left( \frac{M_{pc}}{h_c} \right) \\
 &= \frac{\frac{1}{2} (48646,1 + 71821,85)}{400} \\
 &= 20077,99 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Gaya geser total adalah :

$$\begin{aligned}
 V_u &= V_{VBE(HBE)} + V_{VBE(web)} \\
 &= 97292,2 + 20077,99 \\
 &= 117370,2 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

d. Kontrol kekuatan tekan kolom komposit (*VBE*)

Pada struktur dinding geser (*SPSW*) inti beton menggunakan beton dengan kuat tekan  $f_c = 40$  MPa

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{700}{2 \times 22} = 15.91$$

$$\lambda_p = 2.26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2.26 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63.92$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 15.91 \leq 63.92 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Sehingga kekuatan nominal tekan diperhitungkan sebagai berikut :

$$P_{no} = P_p$$

$$P_p = f_y A_s + C_2 f_c' \left( A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right)$$

$$P_p = 2500 \times 575.9 + 0.85 \times 400 (4303.36 + 0)$$

$$P_p = P_{no} = 2902892 \text{ kg}$$

## e. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{656}{22} = 29.81 ; 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69.57$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 29.81 \leq 69.57$$

maka  $C_v = 1.00$ ; sehingga

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 \times 2500 \times (2 \times 80 \times 2.20) \times 1.00$$

$$V_n = 462000 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0.9 \times 462000$$

$$= 415800 \text{ kg} > 117370.2 \text{ kg} \dots \text{OK!}$$

- f. Interaksi aksial dan lentur kolom (*VBE*)

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{1273916,5}{1306676,27} = 0.975 > 0.2$$

$$\frac{M_r}{M_c} = \frac{87379.72}{27810000} = 0.0043$$

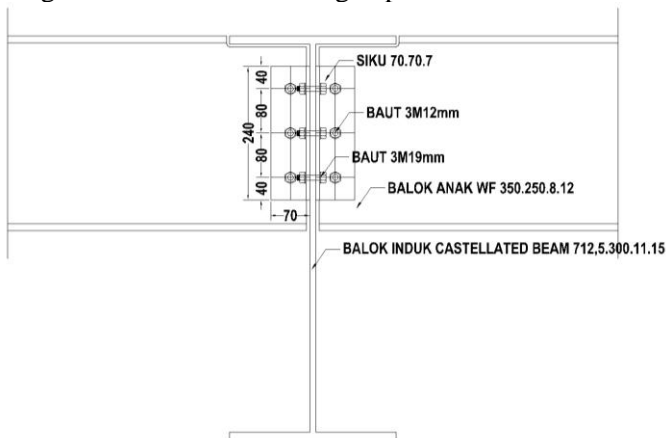
$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_r}{M_c} \right) = 0.979 \leq 1.0 \text{ ...OK!}$$

## 6.4. Perencanaan Sambungan

### 6.4.1. Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk

Sambungan balok induk dengan balok anak merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok anak.

Dari perhitunagn sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar  $V_u = 19374,6$  kg dan gaya geser yang bekerja pda balok induk sebesar  $V_u = 23415,25$  kg. Sambungan ini direncanakan dengan profil siku  $70 \times 70 \times 7$



**Gambar 6.2** Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk



- Sambungan siku dengan balok anak  
 Direncanakan :  
 $\varnothing_{\text{baut}} = 16 \text{ mm}$  ( $A_b = 2,011 \text{ cm}^2$ )  
 Mutu baut A325 ( $f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$ )  
 Ulir tidak pada bidang geser ( $r_1 = 0.5$ )  
 Kuat geser baut  
 $\varnothing.V_n = \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b$   
 $= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 2 \times 2,011$   
 $= 12440,71 \text{ kg}$   
 Kuat tumpu baut  
 $\varnothing.R_n = \varnothing \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u$   
 $= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 0,7 \times 4100$   
 $= 8265,6 \text{ kg}$  (menentukan !)  
 $n = \frac{19347,6}{8265,6} = 2,341$ , dipasang 3 buah
- Sambungan balok induk dengan siku  
 Direncanakan :  
 $\varnothing_{\text{baut}} = 16 \text{ mm}$  ( $A_b = 2,011 \text{ cm}^2$ )  
 Mutu baut A325 ( $f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$ )  
 Ulir tidak pada bidang geser ( $r_1 = 0.5$ )  
 Kuat geser baut  
 $\varnothing.V_n = \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b$   
 $= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 2 \times 2,011$   
 $= 12440,71 \text{ kg}$   
 Kuat tumpu baut  
 $\varnothing.R_n = \varnothing \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u$   
 $= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 0,7 \times 4100$   
 $= 8265,6 \text{ kg}$  (menentukan !)  
 $n = \frac{23415,25}{8265,6} = 2,833$ , dipasang 3 buah
- Kontrol siku penyambung  
 $L = (n-1) \times 8 + 2 \times 4 = 24 \text{ mm}$   
 Kontrol leleh

$$A_g = 24 \times 0,7 = 16,8 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}\phi.f_y.A_g &= 0.9 \times 2500 \times 16,8 \\ &= 37800 \text{ kg} > 23415,25 \text{ kg} \dots \text{OK!}\end{aligned}$$

Kontrol patah

$$\begin{aligned}\phi_{\text{lubang}} &= 16 \text{ mm} + 1.5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 17,5 \text{ mm} \\ &= 1,75 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_1 \\ &= (L - n \phi_{\text{lubang}}) \cdot t_1 \\ &= (24 - 3 \times 1.9) \times 0,7 \\ &= 13,125 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi.0,6.f_u.A_{nv} &= 0.75 \times 0.6 \times 4100 \times 13,125 \\ &= 24215,6 \text{ kg} > 22382 \text{ kg} \dots \text{OK!}\end{aligned}$$

#### 6.4.2. Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

Sambungan balok utama tangga dengan balok penumpu tangga merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok utama tangga. Profil balok utama tangga didesain menggunakan WF 200×100×5,5×8 dan balok penumpu tangga menggunakan WF 300×150×6,5×9.

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok utama tangga sebesar  $V_u = 1161.95 \text{ kg}$  dan gaya geser yang bekerja pada balok penumpu tangga  $V_u = 2144,27 \text{ kg}$ . Sambungan ini direncanakan dengan profil siku  $40 \times 40 \times 4$

- Sambungan siku dengan balok utama tangga

Direncanakan :

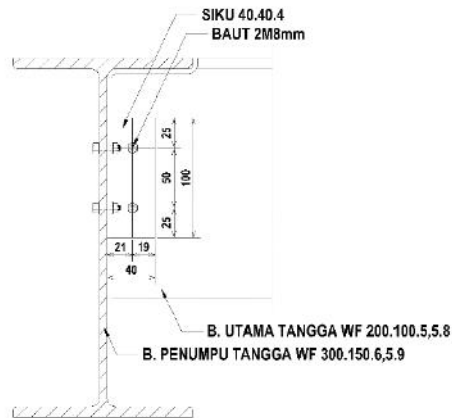
$$\phi_{\text{baut}} = 8 \text{ mm} (A_b = 0.503 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A825} (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser} (r_1 = 0.5)$$

Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\phi.V_n &= \phi \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 2 \times 0.503 \\ &= 3110.18 \text{ kg (menentukan !)}\end{aligned}$$



**Gambar 6.3** Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset \times 2.4 \times db \times tp \times fu \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 0.8 \times 0.55 \times 4100 \\ &= 3247,2 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{1161.95}{3110.18} = 0.373, \text{ dipasang 2 buah}$$

- Sambungan balok penumpu tangga dengan siku

Direncanakan :

$$\emptyset_{\text{baut}} = 8 \text{ mm } (A_b = 0.503 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A825 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser } (r_1 = 0.5)$$

Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Vn &= \emptyset \times r_1 \times fu \times m \times Ab \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 1 \times 0.503 \\ &= 1555.09 \text{ kg (menentukan !)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset \times 2.4 \times db \times tp \times fu \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 0.8 \times 0.55 \times 4100 \\ &= 3247,2 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{2144,27}{1555,09} = 1.379, \text{ dipasang 2 buah}$$

- Kontrol siku penyambung

$$L = (n-1) \times 5 + 2 \times 2,5 = 10 \text{ mm}$$

Kontrol leleh

$$A_g = 10 \times 0.55 = 5,5 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi \cdot f_y \cdot A_g &= 0.9 \times 2500 \cdot 5,5 \\ &= 12375 \text{ kg} > 2144,27 \text{ kg} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

Kontrol patah

$$\begin{aligned} \phi_{\text{lubang}} &= 8 \text{ mm} + 1.5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 9.5 \text{ mm} \\ &= 0.95 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_1 \\ &= (L - n \phi_{\text{lubang}}) \cdot t_1 \\ &= (10 - 2 \times 0.95) \times 0.55 = 3,24 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi \cdot f_u \cdot A_{nv} &= 0.75 \times 0.6 \times 4100 \times 3,24 \\ &= 5977,8 \text{ kg} > 2144,27 \text{ kg} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

#### 6.4.3. Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

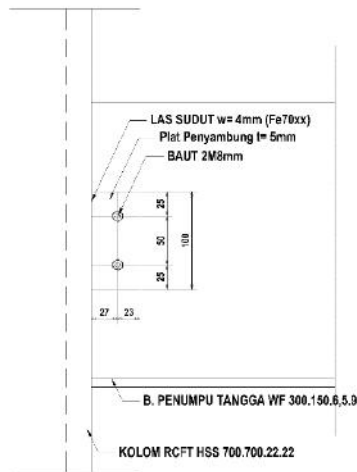
Sambungan balok penumpu tangga dengan kolom merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok utama tangga. Profil balok penumpu tangga didesain menggunakan WF 300×150×6,5×9.

Dari perhitunagn sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok penumpu tangga sebesar  $V_u = 2144,27 \text{ kg}$ . Sambungan ini direncanakan dengan plat sambung.

- Kontrol plat sambung yang digunakan

$$\begin{aligned} t_p &\leq \frac{f_u}{f_{yp}} t \quad (t = \text{tebal profil HSS}) \\ &= \frac{4100}{2500} \times 2.2 \\ &= 3.608 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai  $t_p = 0.65 \text{ cm}$



**Gambar 6.4** Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

- Sambungan plat sambung dengan balok penumpu tangga  
Direncanakan :

$$\varnothing_{\text{baut}} = 8 \text{ mm } (A_b = 0.503 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A825 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser } (r_1 = 0.5)$$

Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \varnothing.V_n &= \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 2 \times 0.503 \\ &= 3110.18 \text{ kg (menentukan !)} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \varnothing.R_n &= \varnothing \times 2.4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 1 \times 0.65 \times 4100 \\ &= 3847.6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$n = \frac{2144.27}{3110.18} = 0.69, \text{ dipasang 2 buah}$$

- Sambungan kolom dengan plat sambung  
Direncanakan menggunakan las  $F_{e70xx}$  :  
Ketebalan tertipis material pada sambungan = 5 mm  
Digunakan ketebalan las  $w = 4$  mm

$$\begin{aligned}
 A_{we} &= (0.707 \times w) \times l_{we} \\
 &= 2 \times (0.707 \times 0.4) \times 10 \\
 &= 5,656 \text{ cm}^2 \\
 F_{nw} &= 0.6 F_{EXX} (1.0 + 0.5 \sin^{1.5} \theta) \\
 &= 0.6 \times (70 \times 70.33) \times (1.0 + 0.5 \times \sin^{1.5} 0^\circ) \\
 &= 2953,86 \text{ kg/cm}^2 \\
 \phi R_n &= 0.75 F_{nw} A_{we} \\
 &= 0.75 \times 2953,86 \times 5,656 \\
 &= 12530,3 \text{ kg} > 2114,27 \text{ kg} \dots \textbf{OK!}
 \end{aligned}$$

- Kontrol plat penyambung  
 $L = (n-1) \times 5 + 2 \times 2,5 = 10$  mm

Kontrol leleh

$$\begin{aligned}
 A_g &= 10 \times 0.65 = 6,5 \text{ cm}^2 \\
 \phi_{fy} A_g &= 0.9 \times 2500 \times 6,5 \\
 &= 14625 \text{ kg} > 2114,27 \text{ kg} \dots \textbf{OK!}
 \end{aligned}$$

Kontrol patah

$$\begin{aligned}
 \phi_{lubang} &= 8 \text{ mm} + 1.5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\
 &= 9.5 \text{ mm} \\
 &= 0.95 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_1 \\
 &= (L - n \phi_{lubang}) \cdot t_1 \\
 &= (10 - 2 \times 0,95) \times 0.65 \\
 &= 5,265 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi_{fu} A_{nv} &= 0.75 \times 0.6 \times 4100 \times 5,265 \\
 &= 9713,9 \text{ kg} > 2114,27 \text{ kg} \dots \textbf{OK!}
 \end{aligned}$$

#### 6.4.4. Sambungan Balok Utama Ramp dengan Balok Penumpu Ramp

Sambungan balok utama ramp dengan balok penumpu ramp merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok utama ramp. Profil balok utama ramp didesain menggunakan WF 350×150×8×12 dan balok penumpu ramp menggunakan WF 500×200×10×16.

Dari perhitunagn sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok utama ramp sebesar  $V_u = 10141,91$  kg dan gaya geser yang bekerja pada balok penumpu ramp  $V_u = 11178,68$  kg. Sambungan ini direncanakan dengan profil siku  $50 \times 50 \times 5$

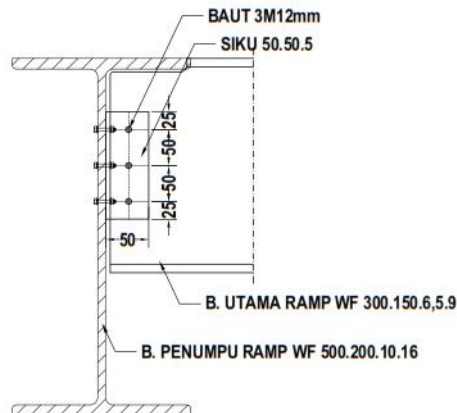
- Sambungan siku dengan balok utama ramp

Direncanakan :

$\varnothing_{\text{baut}} = 12 \text{ mm}$  ( $A_b = 1,1304 \text{ cm}^2$ )

Mutu baut A825 ( $f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$ )

Ulir tidak pada bidang geser ( $r_1 = 0.5$ )



**Gambar 6.5** Sambungan Balok Utama Ramp dengan Balok Penumpu Ramp

Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Vn &= \emptyset \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 2 \times 1,1304 \\ &= 6994,35 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset \times 2.4 \times db \times tp \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,5 \times 4100 \\ &= 4428 \text{ kg (menentukan !)}\end{aligned}$$

$$n = \frac{10141,91}{4428} = 2,29, \text{ dipasang 3 buah}$$

- Sambungan balok penumpu tangga dengan siku

Direncanakan :

$$\emptyset \text{ baut} = 12 \text{ mm } (A_b = 1,1304 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A825 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

Ulir tidak pada bidang geser ( $r_1 = 0.5$ )

Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Vn &= \emptyset \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 2 \times 1,1304 \\ &= 6994,35 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset \times 2.4 \times db \times tp \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,5 \times 4100 \\ &= 4428 \text{ kg (menentukan !)}\end{aligned}$$

$$n = \frac{11178,68}{4428} = 2,52, \text{ dipasang 3 buah}$$

- Kontrol siku penyambung

$$L = (n-1) \times 6 + 2 \times 3 = 18 \text{ mm}$$

Kontrol leleh

$$A_g = 18 \times 0.5 = 8 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}\emptyset.f_y.A_g &= 0.9 \times 2500 \cdot 8 \\ &= 18000 \text{ kg} > 11178,68 \text{ kg} \dots \textbf{OK!}\end{aligned}$$



Kontrol patah

$$\begin{aligned}\varnothing_{\text{lubang}} &= 12 \text{ mm} + 1.5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 13.5 \text{ mm} \\ &= 1,35 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_1 \\ &= (L - n \varnothing_{\text{lubang}}) \cdot t_1 \\ &= (18 - 3 \times 1,35) \times 0.5 = 6,975 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varnothing.fu.A_{nv} &= 0.75 \times 0.6 \times 4100 \times 6,975 \\ &= 12868,875 \text{ kg} > 11178,68 \text{ kg} \dots \text{OK!}\end{aligned}$$

#### 6.4.5. Sambungan Balok Penumpu Ramp dengan Kolom

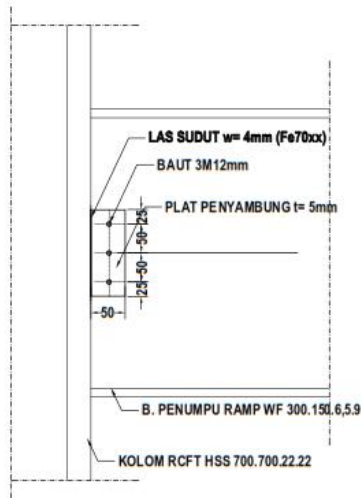
Sambungan balok penumpu ramp dengan kolom merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok utama ramp. Profil balok penumpu ramp didesain menggunakan WF 500×200×10×16.

Dari perhitunagn sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok penumpu ramp sebesar  $V_u = 11178,68 \text{ kg}$ . Sambungan ini direncanakan dengan plat sambung.

- Kontrol plat sambung yang digunakan

$$\begin{aligned}t_p &\leq \frac{f_u}{f_{yp}} t \quad (t = \text{tebal profil HSS}) \\ &= \frac{4100}{2500} \times 2.2 \\ &= 3.608 \text{ cm}\end{aligned}$$

Dipakai  $t_p = 1 \text{ cm}$



**Gambar 6.6** Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

- Sambungan plat sambung dengan balok penumpu tangga  
Direncanakan :

$$\varnothing_{\text{baut}} = 12 \text{ mm } (A_b = 1,1304 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A825 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser } (r_1 = 0.5)$$

Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \varnothing.V_n &= \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 2 \times 1,1304 \\ &= 6994,35 \text{ kg (menentukan !)} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \varnothing.R_n &= \varnothing \times 2.4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 1 \times 4100 \\ &= 8856 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$n = \frac{11178,68}{6994,35} = 1,6, \text{ dipasang 3 buah}$$

- Sambungan kolom dengan plat sambung  
Direncanakan menggunakan las  $F_{e70xx}$  :  
Ketebalan tertipis material pada sambungan = 5 mm  
Digunakan ketebalan las  $w = 4$  mm

$$A_{we} = (0.707 \times w) \times l_{we}$$

$$= 2 \times (0.707 \times 0.4) \times 18$$

$$= 10,18 \text{ cm}^2$$

$$F_{nw} = 0.6F_{EXX} (1.0 + 0.5 \sin^{1.5} \theta)$$

$$= 0.6 \times (70 \times 70.33) \times (1.0 + 0.5 \times \sin^{1.5} 0^\circ)$$

$$= 2953,86 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi R_n = 0.75 F_{nw} A_{we}$$

$$= 0.75 \times 2953,86 \times 10,18$$

$$= 22554,49 \text{ kg} > 11178,68 \text{ kg} \dots \text{OK!}$$

- Kontrol plat penyambung  
 $L = (n-1) \times 6 + 2 \times 3 = 18 \text{ mm}$   
Kontrol leleh

$$A_g = 18 \times 1 = 18 \text{ cm}^2$$

$$\phi \cdot f_y \cdot A_g = 0.9 \times 2500 \times 18$$

$$= 40500 \text{ kg} > 11178,68 \text{ kg} \dots \text{OK!}$$

Kontrol patah

$$\phi_{lubang} = 12 \text{ mm} + 1.5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)}$$

$$= 13.5 \text{ mm}$$

$$= 1,35 \text{ cm}$$

$$A_{nv} = L_{nv} \cdot t_1$$

$$= (L - n \phi_{lubang}) \cdot t_1$$

$$= (18 - 3 \times 1,35) \times 1$$

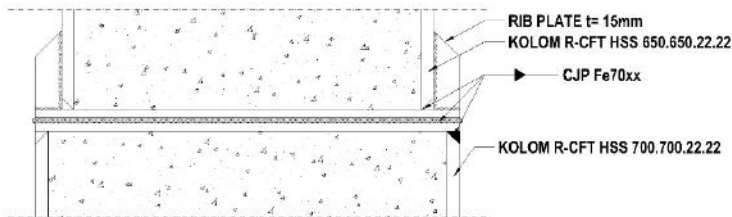
$$= 13,95 \text{ cm}^2$$

$$\phi \cdot f_u \cdot A_{nv} = 0.75 \times 0.6 \times 4100 \times 13,95$$

$$= 25737,75 \text{ kg} > 11178,68 \text{ kg} \dots \text{OK!}$$

#### 6.4.6. Sambungan Kolom dengan Kolom

Sambungan kolom dengan kolom direncanakan pada posisi dinding geser (*SPSW*) menggunakan las penetrasi penuh dengan mutu  $F_{e100XX}$ . Gaya-gaya yang bekerja pada sambungan adalah akibat dari beban mati dan beban seismik akibat komponen vertikal. Sambungan ditempatkan pada posisi tengah dari ketinggian lantai.



**Gambar 6.7** Sambungan Kolom dengan Kolom

- Gaya aksial pada sambungan

$$E_m = \sum \frac{1}{2} R_y f_y \sin(2\alpha) t_w h_c + \sum \left[ \frac{2M_{pr}}{L_h} - \frac{q_u}{2} L_{cf} \right]$$

Nilai  $E_m$  diperhitungkan berdasarkan perhitungan sebelumnya

$$E_m = P_u = 1223916,55 \text{ kg}$$

- Momen pada sambungan

$$\begin{aligned} M_u &= M_{VBE(web)} + M_{VBE(HBE)} \\ &= 120467,95 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Gaya geser pada sambungan

$$\begin{aligned} V_{VBE(HBE)} &= \sum \frac{1}{2} \left( \frac{M_{pc}}{h_c} \right) \\ &= 20077,99 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Sambungan las pada kolom

Kontrol las pada daerah yang diarsir pada profil kolom HSS 700 x 700 x 22 x 22.

Kontrol tegangan las akibat  $P_u$  dan  $M_u$  :

$$\begin{aligned} T_u &= \frac{M_u}{d_c} \pm P_u \\ &= \frac{120467,95}{70.00} \pm 1223916,55 \\ &= 1225637,52 \text{ kg (tekan) menentukan !} \\ &= -1222195,58 \text{ kg (tarik)} \end{aligned}$$

Kekuatan las tumpul penetrasi penuh :

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 2953,86 \text{ kg/cm}^2 \\ \phi R_{nh} &= 0.75 F_{nw} A_{we} \\ &= 0.75 \times 2953,86 \times (0.707 \times 2.2 \times 360) \\ &= 1240497,14 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \left( \frac{V_u}{\phi R_n} \right)^2 + \left( \frac{T_u}{\phi R_n} \right)^2 &\leq 1.0 \\ \left( \frac{20077,99}{1240497,14} \right)^2 + \left( \frac{1225637,52}{1240497,14} \right)^2 &= 0.98 \leq 1.0 \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

#### 6.4.7. Sambungan Dinding Geser (*Steel Plate Shear Wall*)

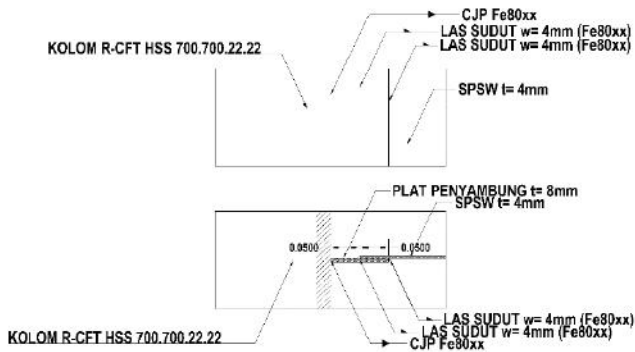
Sambungan pada dinding geser direncanakan menggunakan las  $F_{e100XX}$ . Pengelasan dilakukan pada elemen balok (*HBE*) dan kolom (*VBE*). Tipe las yang digunakan yaitu las sudut dan las tumpul penetrasi penuh.

- Sambungan las sudut pada balok (*HBE*)

Digunakan las dengan mutu  $F_{e100XX}$

$$\begin{aligned}
 W_{(HBE)} &= \frac{R_y f_y \cos(\alpha) t_w \sqrt{2}}{\phi 0.6 F_{EXX} [1 + 0.5 \cos^{1.5}(\alpha)]} \\
 &= \frac{1.5 \times 2400 \times \cos(41,12^\circ) \times 0.4 \times \sqrt{2}}{0.75 \times 0.6 \times (80 \times 70.33) \times [1 + 0.5 \cos^{1.5}(41,12^\circ)]} \\
 &= 0,457 \text{ cm} = 4,57 \text{ mm} \approx 5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Ketebalan las minimum untuk kondisi di plat tertipis  $t=4\text{mm}$ . Jadi digunakan las dengan tebal  $w=5\text{mm}$ .



**Gambar 6.8** Sambungan Dinding Geser dengan Kolom

- Sambungan las sudut pada kolom (*VBE*)

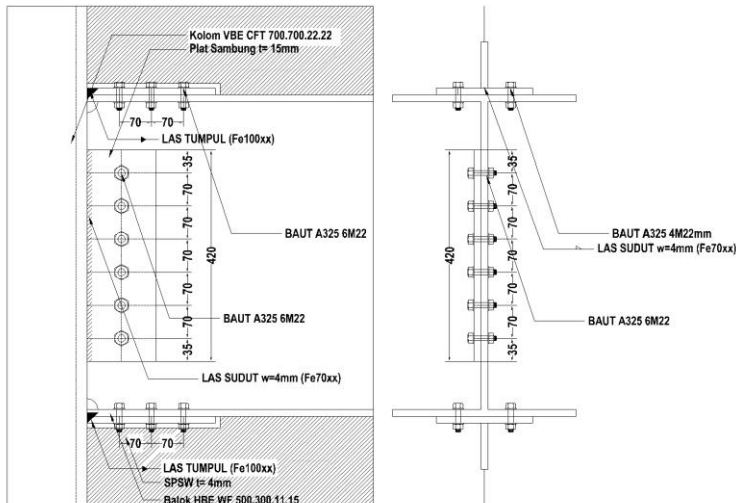
Digunakan las dengan mutu  $F_{e100XX}$

$$\begin{aligned}
 W_{(VBE)} &= \frac{R_y f_y \sin(\alpha) t_w \sqrt{2}}{\phi 0.6 F_{EXX} [1 + 0.5 \sin^{1.5}(\alpha)]} \\
 &= \frac{1.5 \times 2400 \times \sin(41,12^\circ) \times 0.4 \times \sqrt{2}}{0.75 \times 0.6 \times (80 \times 70.33) \times [1 + 0.5 \sin^{1.5}(41,12^\circ)]} \\
 &= 0,4 \text{ cm} = 4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Ketebalan las minimum untuk kondisi di plat tertipis  $t=4\text{mm}$ . Jadi digunakan las dengan tebal  $w=4\text{mm}$ .

#### 6.4.8. Sambungan Balok HBE dengan Kolom VBE

Sambungan menghubungkan balok (*HBE*) profil WF 500 × 300 × 11 × 15 dengan kolom (*VBE*) komposit CFT dengan profil HSS 700 x 700 x 22 x 22 dengan mutu inti beton = 40 MPa pada dinding geser (*SPSW*).



**Gambar 6.9** Sambungan HBE dan VBE pada Dinding Geser

- Gaya geser yang bekerja pada sambungan  
Gaya geser dari SAP 2000

$$V_u = 7890,59 \text{ kg}$$

- Gaya aksial yang bekerja pada sambungan

$$P_{HBE(VBE)} = 103321,2 \text{ kg}$$

$$N_{coll} = 31280,16 \text{ kg (gaya geser SPSW)}$$

Gaya aksial yang diterima sambungan :

$$\begin{aligned} N_u &= P_{HBE(VBE)} + N_{coll} \\ &= 103321,2 + 31280,16 \\ &= 134601,36 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_u &= N_{coll} - P_{HBE(VBE)} \\
 &= 31280,16 - 163321,2 \\
 &= -72041,04 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kedua gaya aksial bersifat tarik dan tekan, sehingga dipilih menentukan.

- Kontrol leleh pada plat sambung  
 Mutu baja plat sambung = BJ41  
 Diameter baut = 22 mm →  $A = 3,801 \text{ cm}^2$   
 Ketebalan plat sambung = 15 mm  
 Kuat geser baut  
 $\phi.V_n = \phi \times r_1 \times f_u \times m \times A_b$   
 $= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 2 \times 3,801$   
 $= 23520,71 \text{ kg (menentukan !)}$   
 Kuat tumpu baut  
 $\phi.R_n = \phi \times 2.4 \times d_b \times t_p \times f_u$   
 $= 0.75 \times 2.4 \times 0.8 \times 1,5 \times 4100$   
 $= 24354 \text{ kg}$   
 $n = \frac{134601,36}{23520,71} = 5,72$ , dipasang 6 buah  
 Panjang plat sambung = 420 mm  
 Kontrol panjang tekuk  $Kl/r \leq 25$ ,  $f_{cr} = f_y$   
 $\phi_y V_n = 1.00(0.6)f_y tL$   
 $= 1.00 \times (0.6) \times 2500 \times 1,5 \times 42$   
 $= 94500 \text{ kg}$   
 $\phi_c N_n = 0.90 f_y tL$   
 $= 0.90 \times 2500 \times 1,5 \times 42$   
 $= 141750 \text{ kg}$



$$\left(\frac{V_u}{\phi_y V_n}\right)^2 + \left(\frac{N_u}{\phi_c N_n}\right)^2 \leq 1.0$$

$$\left(\frac{7890,59}{94500}\right)^2 + \left(\frac{134601,3}{141750}\right)^2 = 0.909 \leq 1.0 \dots \text{OK!}$$

- Kontrol patah pada plat sambung

$$A_{nv} = A_g - n(d_b + 1.5 \text{ mm})t$$

$$= (1,5 \times 42) - 6 \times (2,2 + 0.15) \times 1,5$$

$$= 41,85 \text{ cm}^2$$

$$\phi_y V_n = 0.75(0.6)f_u A_{nv}$$

$$= 0.75 \times (0.6) \times 4100 \times 41,85$$

$$= 77213,25 \text{ kg}$$

$$\left(\frac{V_u}{\phi_y V_n}\right)^2 + \left(\frac{N_u}{\phi_c N_n}\right)^2 \leq 1.0$$

$$\left(\frac{7890,59}{77213,25}\right)^2 + \left(\frac{134601,3}{141750}\right)^2 = 0.91 \leq 1.0 \dots \text{OK!}$$

- Kontrol geser baut

$$\sqrt{V_u^2 + N_u^2} = \sqrt{7890,59^2 + 134601,3^2}$$

$$= 134832,4 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = \phi n f_u^u A_b$$

$$= 0.75 \times 6 \times 8250 \times 3,801$$

$$= 141124,3 \text{ kg} > 134832,4 \text{ kg} \dots \text{OK!}$$

- Kontrol kuat tumpu baut

Untuk komponen vertikal, baut bagian bawah,

$$1.2l_c = 1.2 \times (3,5 - 2,2/2)$$

$$= 2.88 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 2.4d_b &= 2.4 \times 2,2 \\
 &= 5,28 \text{ cm} > 2.88 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Kontrol kuat tumpu Pelat :

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi 1.2 L_c t f_u \\
 &= 0.75 \times 2.88 \times 1,5 \times 4100 \\
 &= 29224,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk komponen vertikal, baut sisanya,

$$\begin{aligned}
 1.2l_c &= 1.2 \times (7 - 2,2) \\
 &= 5,76 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2.4d_b &= 2.4 \times 2,2 \\
 &= 5,28 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Kontrol kuat tumpu Pelat :

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi 1.2 L_c t f_u \\
 &= 0.75 \times 5,76 \times 1,5 \times 4100 \\
 &= 31881,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk kemlompok baut vertikal,

$$\begin{aligned}
 \phi R_{nv} &= 29224,8 + (5 \times 31881,6) \\
 &= 188632,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk komponen horizontal, semua baut  $2.4d_b > 1.2L_c$

$$\begin{aligned}
 \phi R_{nh} &= 6 \times 29224,8 \\
 &= 175348,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\left( \frac{V_u}{\phi R_{nv}} \right)^2 + \left( \frac{N_u}{\phi R_{nh}} \right)^2 \leq 1.0$$

$$\left( \frac{7890,59}{188632,8} \right)^2 + \left( \frac{134601,3}{175348,8} \right)^2 = 0,591 \leq 1.0 \dots \text{OK!}$$

- Kontrol ukuran las

Pengelasan dilakukan sepanjang kedua sisi dari plat sambung dengan ketebalan las  $w = 10 \text{ mm}$  dan mutu las  $F_{e100XX}$

$$\begin{aligned} A_{we} &= (0.707 \times w) \times l_{we} \\ &= 2 \times (0.707 \times 1) \times 42 \\ &= 59,39 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk komponen vertikal :

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0.6F_{EXX} (1.0 + 0.5 \sin^{1.5} \theta) \\ &= 0.6 \times (100 \times 70.33) \times (1.0 + 0.5 \times \sin^{1.5} 0^\circ) \\ &= 4219.8 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_{nv} &= 0.75 F_{nw} A_{we} \\ &= 0.75 \times 4219.8 \times 59,39 \\ &= 187954 \text{ kg} \end{aligned}$$

Untuk komponen horizontal :

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0.6F_{EXX} (1.0 + 0.5 \sin^{1.5} \theta) \\ &= 0.6 \times (100 \times 70.33) \times (1.0 + 0.5 \times \sin^{1.5} 90^\circ) \\ &= 6329.7 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_{nh} &= 0.75 F_{nw} A_{we} \\ &= 0.75 \times 6329.7 \times 59,39 \\ &= 281931 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \left( \frac{V_u}{\phi R_{nv}} \right)^2 + \left( \frac{N_u}{\phi R_{nh}} \right)^2 &\leq 1.0 \\ \left( \frac{7890,59}{187954} \right)^2 + \left( \frac{134601,3}{281931} \right)^2 &= 0.741 \leq 1.0 \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

**Kontrol sambungan HBE dengan VBE terhadap momen.**

- Gaya geser yang bekerja pada sambungan

Gaya geser dari SAP 2000

$$V_u = 7890,59 \text{ kg}$$

- Momen yang bekerja pada sambungan

$$\begin{aligned} M_u &= 1.1 R_y Z_b \left( f_{yb} - \frac{P_{HBE}}{A_g} \right) \\ &= 1.1 \times 1.5 \times 2663 \left( 2500 - \frac{103321,2}{145.5} \right) \\ &= 7864680 \text{ kgcm} \\ &= 78646,8 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$I_{\text{badan}} = 9517,11 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{profil}} = 60400 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned} M_{\text{badan}} &= \frac{I_{\text{badan}}}{I_{\text{sayap}}} \times M_u \\ &= \frac{9517,11}{60400} \times 78646,8 = 12392,2 \end{aligned}$$

$$M_{\text{sayap}} = 66254,6 \text{ kgm}$$

Akibat adanya momen, las pada sayap balok bagian atas akan menerima tarikan sebesar :

$$\begin{aligned} T_u &= \frac{M_{\text{sayap}}}{(d-tf)} \\ &= \frac{66254,6}{(0.5-0.015)} = 136607,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Sambungan baut untuk untuk sambungan momen

Direncanakan :

$$\varnothing_{\text{baut}} = 22 \text{ mm } (A_b = 3,801 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser } (r_1 = 0.5)$$

Kuat geser baut

$$\varnothing.V_n = \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b$$

$$= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 2 \times 3,801$$

$$= 23520,71 \text{ kg (menentukan !)}$$

Kuat tumpu baut

$$\phi.Rn = \phi \times 2.4 \times db \times tp \times fu$$

$$= 0.75 \times 2.4 \times 0.8 \times 1,5 \times 4100$$

$$= 24354 \text{ kg}$$

$$n = \frac{136607,4}{23520,71} = 5,81, \text{ dipasang 6 buah}$$

- Kontrol leleh pada plat sambung

Mutu baja plat sambung = BJ41

Diameter baut = 22 mm → A = 3,801 cm<sup>2</sup>

Ketebalan plat sambung = 15 mm

Panjang plat sambung = 660 mm

Kontrol panjang tekuk  $Kl/r \leq 25$ ,  $f_{cr} = f_y$

$$\phi_y V_n = 1.00(0.6)f_y tL$$

$$= 1.00 \times (0.6) \times 2500 \times 1,5 \times 66$$

$$= 148500 \text{ kg} > T_u = 136607,4 \text{ kg} \dots \text{OK!}$$

- Kontrol patah pada plat sambung

$$A_{nv} = A_g - n(d_b + 1.5 \text{ mm})t$$

$$= (1,5 \times 66) - 6 \times (2,2 + 0.15) \times 1,5$$

$$= 77,85 \text{ cm}^2$$

$$\phi_y V_n = 0.75(0.6)f_u A_{nv}$$

$$= 0.75 \times (0.6) \times 4100 \times 77,85$$

$$= 143633,3 \text{ kg} > T_u = 136607,4 \text{ kg} \dots \text{OK!}$$

- Kontrol ukuran las

Pengelasan dilakukan menggunakan las tumpul miring melebar dengan mutu F<sub>e70XX</sub>.

$$A_{we} = (0.707 \times w) \times l_{we}$$

$$= (0.707 \times 1,5 \times 30) \\ = 31,815 \text{ cm}^2$$

Kekuatan las tumpul :

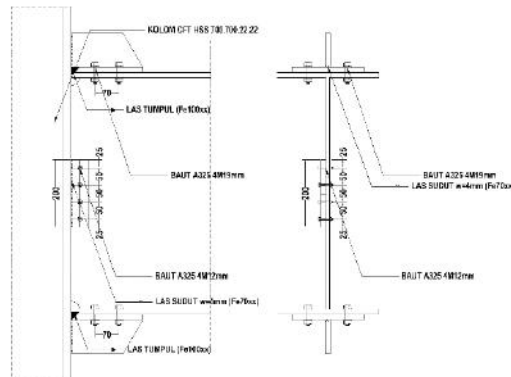
$$\begin{aligned} \phi R_{nh} &= 0.75 F_{nw} A_{we} \\ &= 0.75 \times (100 \times 70.33) \times 31,815 \\ &= 167816,2 \text{ kg} > T_u = 136607,4 \text{ kg} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_{nv} &= 4 R_{nh} \\ &= 4 \times 167816,2 \text{ kg} \\ &= 671264,7 \text{ kg} > T_u = 136607,4 \text{ kg} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

$$\left( \frac{V_u}{\phi R_{nv}} \right)^2 + \left( \frac{T_u}{\phi R_{nh}} \right)^2 = 0,663 \leq 1.0$$

#### 6.4.9. Sambungan Balok Induk dengan Kolom

Sambungan menghubungkan balok profil *octagonal castellated beam* 712.5 × 300 × 11 × 15 dengan kolom komposit CFT dengan profil HSS 700 x 700 x 22 x 22 dengan mutu inti beton = 40 MPa.



**Gambar 6.10** Sambungan Balok Induk dengan Kolom

- Sambungan pen tipe geser dipasang sebagai penunpu beban mati balok dan beban pekerja saat proses pengelasan.

- Gaya geser yang bekerja pada sambungan

$$V_D = (145.5 \times 4)/2 = 456 \text{ kg}$$

$$V_L = 100/2 = 50 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 1.2D + 1.6L \\ &= (1.2 \times 456) + (1.6 \times 50) \\ &= 627.2 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol leleh pada plat sambung

$$\text{Mutu baja plat sambung} = \text{BJ41}$$

$$\text{Diameter baut} = 12 \text{ mm} \rightarrow A = 1.131 \text{ cm}^2$$

$$\text{Ketebalan plat sambung} = 15 \text{ mm}$$

Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \phi \cdot V_n &= \phi \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 2 \times 1.131 \\ &= 6997.9 \text{ kg (menentukan !)} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \phi \cdot R_n &= \phi \times 2.4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 1.2 \times 1.5 \times 4100 \\ &= 13284 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$n = \frac{23415.3}{6997.9} = 3.35, \text{ dipasang 4 buah}$$

$$\text{Panjang plat sambung} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Kontrol panjang tekuk } Kl/r \leq 25, f_{cr} = f_y$$

$$\begin{aligned} \phi_y V_n &= 1.00(0.6)f_y t L \\ &= 1.00 \times (0.6) \times 2500 \times 1.5 \times 20 \\ &= 45000 \text{ kg} > 627.2 \text{ kg} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

- Kontrol patah pada plat sambung

$$\begin{aligned} A_{nv} &= A_g - n(d_b + 1.5 \text{ mm})t \\ &= (1.5 \times 20) - 4 \times (1.2 + 0.15) \times 3 \\ &= 21.9 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_y V_n &= 0.75(0.6)f_u A_{nv} \\ &= 0.75 \times (0.6) \times 4100 \times 21.9 \end{aligned}$$

$$= 40405,5 \text{ kg} > 627.2 \text{ kg} \dots \text{OK!}$$

- Kontrol geser baut

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi n f_u^u A_b \\ &= 0.75 \times 4 \times 8250 \times 1.131 \\ &= 27991,6 \text{ kg} > 627.2 \text{ kg} \dots \text{OK!}\end{aligned}$$

- Kontrol kuat tumpu baut  
Untuk komponen vertikal

$$\begin{aligned}1.2l_c &= 1.2 \times (2.5 - 1.2/2) \\ &= 2.28 \text{ cm} \\ 2.4d_b &= 2.4 \times 1.2 \\ &= 2.88 \text{ cm}\end{aligned}$$

Kontrol kuat tumpu :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi 1.2 L_c f_u \\ &= 2 \times 0.75 \times 2.28 \times 1,4 \times 4100 \\ &= 15940,8 \text{ kg} > 627.2 \text{ kg} \dots \text{OK!}\end{aligned}$$

- Kontrol ukuran las

Pengelasan dilakukan sepanjang kedua sisi dari plat sambung dengan ketebalan las  $w = 4 \text{ mm}$  (bagian paling tipis yaitu  $10 \text{ mm}$ ) dan mutu las  $F_{e100XX}$

$$\begin{aligned}A_{we} &= (0.707 \times w) \times l_{we} \\ &= 2 \times (0.707 \times 0.4) \times 20 \\ &= 5,656 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Untuk komponen vertikal :

$$\begin{aligned}F_{nw} &= 0.6 F_{EXX} (1.0 + 0.5 \sin^{1.5} \theta) \\ &= 0.6 \times (70 \times 70.33) \times (1.0 + 0.5 \times \sin^{1.5} 0^\circ) \\ &= 2953.86 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi R_{nw} &= 0.75 F_{nw} A_{we} \\ &= 0.75 \times 2953.86 \times 5,565\end{aligned}$$



$$= 12530,3 \text{ kg} > 627.2 \text{ kg} \dots \text{OK!}$$

b. Sambungan rigid dengan alat sambung las dipasang sebagai penumpu beban aktual.

- Gaya geser yang bekerja pada sambungan

Gaya geser dari SAP 2000

$$V_u = 23415,3 \text{ kg}$$

- Momen yang bekerja pada sambungan

Momen dari SAP 2000

$$M_u = 39993,7 \text{ kgm}$$

$$I_{\text{badan}} = 29142 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{profil}} = 136640.79 \text{ cm}^4$$

$$M_{\text{badan}} = \frac{I_{\text{badan}}}{I_{\text{sayap}}} \times M_u$$

$$= \frac{29142}{136640.79} \times 39993,7 = 8529,6$$

$$M_{\text{sayap}} = 31464,1 \text{ kgm}$$

Akibat adanya momen, las pada sayap balok bagian atas akan menerima tarikan sebesar :

$$T_u = \frac{M_{\text{sayap}}}{(d-tf)}$$

$$= \frac{31464,1}{(0.7125-0.015)} = 45109,8 \text{ kg}$$

- Sambungan baut untuk sambungan momen

Direncanakan :

$$\varnothing \text{ baut} = 19 \text{ mm } (A_b = 2,835 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser } (r_1 = 0.5)$$

Kuat geser baut

$$\varnothing.V_n = \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b$$

$$= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 2 \times 2,835$$

$$= 17543,34 \text{ kg}$$

Kuat tumpu baut

$$\varnothing.R_n = \varnothing \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.75 \times 2.4 \times 1.9 \times 1.5 \times 4100 \\
 &= 21033 \text{ kg (menentukan !)} \\
 n &= \frac{45109,8}{17543,34} = 3.45, \text{ dipasang 4 buah}
 \end{aligned}$$

- Kontrol leleh pada plat sambung  
 Mutu baja plat sambung = BJ41  
 Diameter baut = 19 mm  $\rightarrow A = 2,835 \text{ cm}^2$   
 Ketebalan plat sambung = 15 mm  
 Panjang plat sambung = 300 mm  
 Kontrol panjang tekuk  $Kl/r \leq 25$ ,  $f_{cr} = f_y$   

$$\begin{aligned}
 \phi_y V_n &= 1.00(0.6)f_y tL \\
 &= 1.00 \times (0.6) \times 2500 \times 1,5 \times 30 \\
 &= 46000 \text{ kg} > T_u = 45109,8 \text{ kg} \dots \textbf{OK!}
 \end{aligned}$$
- Kontrol patah pada plat sambung  

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= A_g - n(d_b + 1.5 \text{ mm})t \\
 &= (1,5 \times 30) - 4 \times (2,2 + 0.15) \times 1,5 \\
 &= 32,7 \text{ cm}^2 \\
 \phi_y V_n &= 0.75(0.6)f_u A_{nv} \\
 &= 0.75 \times (0.6) \times 4100 \times 32,7 \\
 &= 60331,5 \text{ kg} > T_u = 45109,8 \text{ kg} \dots \textbf{OK!}
 \end{aligned}$$
- Kontrol ukuran las  
 Pengelasan dilakukan menggunakan las tumpul miring melebar dengan mutu  $F_{e80XX}$ .  

$$\begin{aligned}
 A_{we} &= (0.707 \times w) \times l_{we} \\
 &= (0.707 \times 0,6 \times 30) \\
 &= 12,73 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Kekuatan las tumpul :

$$\phi R_{nh} = 0.75 F_{nw} A_{we}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.75 \times (80 \times 70.33) \times 12.73 \\
 &= 53701,2 \text{ kg} > T_u = 45109,8 \text{ kg} \dots \text{OK!} \\
 \phi R_{nv} &= 4R_{nh} \\
 &= 4 \times 53701,2 \text{ kg} \\
 &= 214805 \text{ kg} > T_u = 45109,8 \text{ kg} \dots \text{OK!} \\
 \left( \frac{V_u}{\phi R_{nv}} \right)^2 + \left( \frac{T_u}{\phi R_{nh}} \right)^2 &= 0,718 \leq 1.0
 \end{aligned}$$

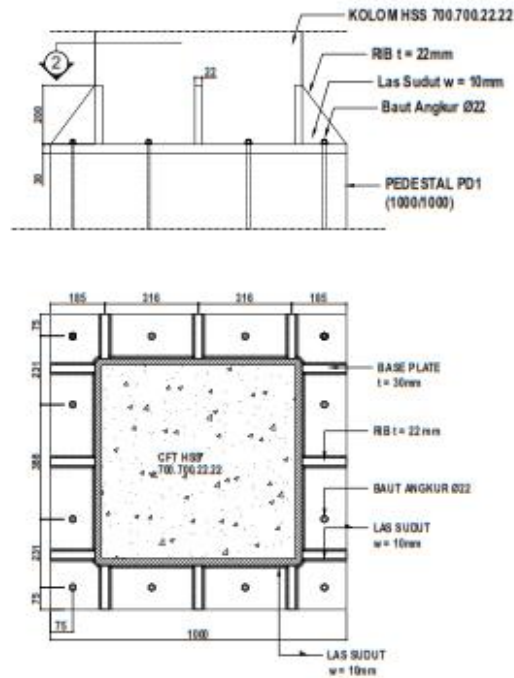
#### 6.4.10. Sambungan Kolom dengan Base Plate

Perencanaan *base plate* digunakan untuk menghubungkan kolom baja dengan kolom pedestal. Plat sambung yang digunakan yaitu dengan ketebalan  $t_p = 30 \text{ mm}$ . Dari hasil analisis SAP 2000 didapat gaya yang bekerja pada kolom lantai dasar adalah :

$$P_u = 818405,73 \text{ kg} \text{ (dari gaya aksial Kolom)}$$

$$V_u = 11760,4 \text{ kg} \text{ (dari gaya geser Kolom)}$$

$$M_u = 11517,9 \text{ kgm} \text{ (dari momen Kolom)}$$



**Gambar 6.11** Sambungan Kolom dengan Base Plate

- Sambungan Las pada End Plate  
Kontrol las pada daerah yang diarsir pada profil HSS 700.700.22.22 dengan asumsi  $t_e = 1.00$  cm sehingga didapat:

$$A_w = 4 \times (1 \times 70) = 280 \text{ cm}^2$$

$$I_x = I_y = \frac{(b+d)^3}{6} = \frac{(70+70)^3}{6} = 457333 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned} S &= (bxd) + \left( \frac{d^2}{3} \right) = (70 \times 70) + \left( \frac{70^2}{3} \right) \\ &= 6533.3 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{uw} &= \phi 0.6 F_{e100XX} \\
 &= 0.75 \times 0.6 \times (100 \times 70.33) \\
 &= 3164.85 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan las akibat  $P_u$  :

$$\begin{aligned}
 f_p &= \frac{P_u}{A} + \frac{M_u}{S} \\
 &= \frac{429803.2}{280} + \frac{11517.9}{6533.33} \\
 &= 2924.64 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan las akibat  $V_u$  :

$$\begin{aligned}
 f_v &= \frac{V_u}{A} + \frac{M_u}{S} \\
 &= \frac{11760.4}{280} + \frac{11517.9}{6533.33} \\
 &= 43.76 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan las total :

$$\begin{aligned}
 f_{total} &= \sqrt{f_p^2 + f_v^2} \\
 &= \sqrt{2924.64^2 + 43.76^2} \\
 &= 2924.97 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol tebal kaki las :

$$\begin{aligned}
 t_e &= f_{total} / f_{uw} \\
 &= 2924.97 / 3164.85 \\
 &= 0.924 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 w &= t_e / 0.707 \\
 &= 0.924 / 0.707 \\
 &= 1.307 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Kontrol syarat tebal kaki las:

Tebal minimum =  $t_{\text{sirip}} = t_p = 10 \text{ mm}$

$$w_{\text{eff (max)}} = 1.41 \frac{f_u}{F_{e100XX}} t_p$$

$$= 1.41 \frac{4100}{100.70,33} 1 = 0.82$$

Sehingga dipakai las dengan  $w = 1 \text{ mm}$

- Perhitungan *base plate*

Direncanakan diameter baut = 22 mm

Direncanakan Dimensi Baseplate 100x100 cm

( $A_2 = 10000 \text{ cm}^2$ ),

$$f_{p\text{max}} = \phi_c 0.85 f_c'$$

$$= 0.65 \times 0.85 \times 40$$

$$= 22.1 \text{ MPa}$$

$$q_{\text{max}} = 22.1 \times 1000 = 22100 \text{ N/mm}$$

$$e_{\text{kritis}} = \frac{N}{2} - \frac{P_u}{2(q_{\text{max}})}$$

$$= \frac{1000}{2} - \frac{818405,73}{2 \times 22100}$$

$$= 481,48 \text{ mm}$$

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{11517,9}{818405,73} = 14,07 \text{ mm} < e_{\text{kritis}} = 490.28 \text{ mm}$$

Termasuk dalam kategori baseplate yang memikul gaya aksial, gaya geser dan juga momen lentur dengan intensitas yang cukup kecil, sehingga distribusi tegangan tidak terjadi sepanjang baseplate, namun momen lentur yang bekerja masih belum mengakibatkan baseplate terangkat dari beton penumpu. Angkur terpasang hanya berfungsi sebagai penahan gaya geser, disamping itu angkur tersebut juga berfungsi menjaga stabilitas struktur selama masa konstruksi.

jika  $f = 500$  mm adalah jarak baut angkur ke as kolom, maka penyelesaian untuk mencari  $Y$  adalah :

$$Y = \frac{P_u}{q_{\max}} = \frac{818405,73}{22100} = 37,03 \text{ mm}$$

**Sisi desak :** pelat kantilever  $m = 75$  mm, maka tebal pelat landasan untuk memikul gaya reaksi beton adalah :

$$f_p = \frac{P_u}{BY} = \frac{818405,73}{1000 \times 19,45} = 22,1 \text{ MPa}$$

$$t_p \geq 1,5 m \sqrt{\frac{f_p}{f_y}}$$

$$t_p \geq 1,5 \times 75 \sqrt{\frac{22,1}{250}} = 33,45 \text{ mm}$$

Maka tebal pelat landasan yang dipakai 35 mm.

Gaya pada angkur adalah

Dipakai baut angkur A325 Ø22 mm ( $f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$ )

- Kuat rencana geser dan tumpu (1 bidang geser)

$$\begin{aligned} \phi_f \cdot V_n &= V_d = \phi_f \cdot r_i \cdot f_u^b \cdot A_b \cdot m \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 8250 \cdot (\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2,2^2) \cdot 1 \\ &= 11760,356 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_f \cdot R_n &= R_d = 2,4 \cdot \phi_f \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 2,4 \cdot 0,75 \cdot 2,2 \cdot 3,5 \cdot 4100 \\ &= 35719,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

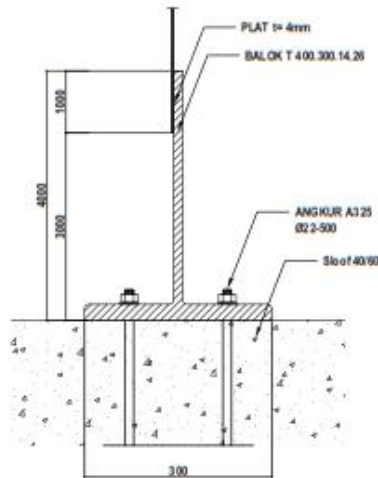
- Jumlah baut angkur yang dibutuhkan (diambil jumlah yang terbesar antara gaya geser  $V_{ux}$  dan  $V_{uy}$ )

$$n = \frac{V_{uy}}{\phi_f \cdot V_n} = \frac{27283}{11760,4} = 2,32$$

dipakai 12 buah untuk menjaga stabilitas saat pemasangan konstruksi

#### 6.4.11. Sambungan Dinding Geser (*Steel Plate Shear Wall*) dengan Sloof

Perencanaan sambungan ini digunakan untuk menghubungkan dinding geser lantai dasar dengan sloof. Profil T 400 × 300 × 10 × 16 berhubungan langsung dengan sloof memanjang dengan penambahan angkur dan *grouting* agar tidak terjadi rembesan air yang menyebabkan korosi. Digunakan angkur dengan diameter  $d = 2.20$  cm dan jarak  $s = 50.00$  cm



**Gambar 6.12** Sambungan Balok HBE dengan Sloof

- Gaya geser yang bekerja pada angkur

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{1}{2} f_y \sin(2\alpha) t_w s \\
 &= \frac{1}{2} \times 2500 \times \sin(2 \times 41,12) \times 0,22 \times 50 \\
 &= 37155,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



- Tarikan yang bekerja pada angkur

$$\begin{aligned} T_u &= f_y \cos^2(\alpha) t_w s \\ &= 2500 \times \cos^2(41,12) \times 0,22 \times 50 \\ &= 42569,3 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Perhitungan Baut Angkur

Dipakai baut angkur d= 22 mm dengan  $f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 f_{ub} (0,5 A_b) \\ &= 9 \times 0,75 \times 8250 \times (0,5 \times (0,25 \times \pi \times 2,20^2)) \\ &= 11760,36 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\frac{2T_u + C_v V_u}{n} = 10965,27 \text{ kg}$$

Panjang baut angkur yang ditanam ke dalam pondasi diperhitungkan sebagai berikut:

$$L \geq \left[ \frac{2V_u + (4V_u^2 + 6df'_c (M_u + V_u \times (5\text{cm})))^{1/2}}{df'_c} \right]$$

$$L \geq \left[ \frac{2 \times 37155,8 + (4 \times 37155,8^2 + 6 \times 400,00 \times 400 \times (0 + 37155,8 \times (5\text{cm})))^{1/2}}{400,00 \times 400} \right]$$

$$L \geq 3,144 \text{ cm} \rightarrow \text{diambil } L = 30,00 \text{ cm}$$

## 6.5. Kontrol Konsep Strong Column Weak Beam

### 6.5.1. Kontrol Konsep Strong Column Weak Beam (dengan

$N_{uc} = 0,3 N_y$  dan  $M_y = 0$ )

- Menghitung  $M^*_{pc}$  (Kolom HSS 700.700.22.22)

$$Z_c = 22531 \text{ cm}^3$$

$$BJ 41 : f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sum M^*_{pc} = \sum Z_c \left( f_{yc} - \frac{N_{uc}}{A_g} \right)$$

$$\sum M^*_{pc} = 2 \times 22531 \times (1 - 0,3) \times 2500$$

$$\sum M^*_{pc} = 78.858.500 \text{ kgcm} = 788,585 \text{ tm}$$

- Menghitung  $M^*_{pb}$  (Balok CB 712,5.300.11.15)

$$Z_b = 4080,914 \text{ cm}^3$$

$$BJ 41 : f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_y = 1,5$$

$$\sum M^*_{pb} = \sum (1,1 R_y f_y Z + M_y)$$

$$\sum M^*_{pb} = 2 \times (1,1 \times 1,5 \times 2500 \times 4080,914)$$

$$\sum M^*_{pb} = 33.667.540,5 \text{ kgcm} = 336,67 \text{ tm}$$

- Syarat Konsep Strong Column Weak Beam

$$\frac{\sum M^*_{pc}}{\sum M^*_{pb}} = \frac{788,585}{336,67} = 2,34 > 1 \text{ (Persyaratan konsep strong column weak beam terpenuhi)}$$

### 6.5.2. Kontrol Panel Zone

- Gaya geser yang bekerja pada panel zone

$$M_u = 0,8 \sum R_y M_p$$

$$M_u = 0,8 \times 1 \times 1,5 \times 2500 \times 4080,914$$

$$M_u = 12.242.742 \text{ kgcm} = 122,43 \text{ tm}$$

$$V_{col} = \frac{0,8 \sum R_y M_p}{\sum h} = \frac{2 \times 122,43}{2 \times 3,6} = 34,01 \text{ ton}$$

$$T_b = C_b = \frac{0,8 \sum R_y M_p}{d - t_f}$$

$$T_b = C_b = \frac{122,43}{(0,7125 - 0,015)} = 175,53 \text{ ton}$$

$$V_{ju} = T_{b,ka} + C_{b,ki} - V_{col}$$

$$V_{ju} = 175,53 + 175,53 - 34,01 = 317,04 \text{ ton}$$

- Kekuatan geser panel zone (untuk  $N_u < 0,75 N_y$ )

Bila  $N_u < 0,75 N_y$

$$\phi_v V_n = 0,6 \phi_v f_y d_c t_p \left[ 1 + \frac{3 b_{cf} t_{cf}^2}{d_b d_c t_p} \right]$$

Dimana :

$$\begin{aligned} t_p &= 15 \text{ mm} & d_b &= 712,5 \text{ mm} \\ b_c &= 700 \text{ mm} & f_y &= 250 \text{ MPa} \\ d_c &= 700 \text{ mm} & \phi_v &= 0,75 \\ t_c &= 22 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\phi_v V_n = 0,6 \phi_v f_y d_c t_p \left[ 1 + \frac{3 b_{cf} t_{cf}^2}{d_b d_c t_p} \right]$$

$$\phi_v V_n = 0,6 \times 0,75 \times 250 \times 712,5 \times 15 \left[ 1 + \frac{3 \times 700 \times 22^2}{712,5 \times 700 \times 15} \right]$$

$$\phi_v V_n = 3.365.693,75 \text{ N} = 336,57 \text{ ton}$$

- Kontrol panel zone terhadap kekuatan dan tebalnya

a. Terhadap kekuatannya

$$V_{ju} = 317,04 \text{ ton} < \phi_v V_n = 336,57 \text{ ton} \dots \mathbf{OK!}$$

b. Terhadap ketebalannya

$$dz = 712,5 - 2.15 = 682,5 \text{ mm}$$

$$wz = 700 - 2.22 = 656 \text{ mm}$$

$$t_p = 15 \text{ mm} > \frac{682,5 + 656}{90} = 14,87 \text{ mm} \dots \mathbf{OK!}$$

## **BAB VII**

### **PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH**

#### **7.1. Umum**

Pondasi adalah komponen struktur pendukung bangunan yang berada di posisi paling bawah dan berfungsi meneruskan beban struktur atas ke tanah. Dalam perencanaan pondasi ada dua jenis pondasi yang umum dipakai dalam dunia konstruksi, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pemakaian pondasi dalam bergantung pada kekuatan tanah yang ada. Jika penggunaan pondasi dangkal tidak cukup kuat menahan beban struktur di atasnya, maka digunakan pondasi dalam. Umumnya pondasi dalam dipakai untuk struktur dengan beban yang relatif besar seperti apartemen, hotel dll. Dikatakan pondasi dalam jika perbandingan antara kedalaman pondasi ( $D$ ) dengan diameternya ( $B$ ) adalah lebih besar sama dengan 10 ( $D/B \geq 10$ ). Pondasi dalam ini ada beberapa macam jenis, antara lain pondasi tiang pancang, pondasi tiang bor (pondasi sumuran), lain sebagainya.

Pondasi yang akan direncanakan pada Office Biliton Surabaya ini memakai pondasi dalam yaitu pondasi bored pile. Dalam bab ini pembahasannya meliputi perencanaan jumlah tiang bor yang diperlukan dan perencanaan poer ( pile cap ).

#### **7.2. Data tanah**

Penyelidikan tanah perlu dilakukan untuk mengetahui jenis dan karakteristik tanah dimanasuatu struktur akan dibangun. Sehingga kita bisa merencanakan pondasi yang sesuai dengan jenis dan kemampuan daya dukung tanah tersebut.

Data tanah pada perencanaan pondasi ini diambil sesuai dengan data hasil penyelidikan di lapangan. Adapun data tanah yang telah tersedia di lapangan data penyelidikan tanah hasil uji Standard Penetration Test (SPT).

### 7.3. Perhitungan Daya Dukung Tanah

Perhitungan tegangan ijin tanah berdasarkan dari data SPT dengan menggunakan perhitungan dari buku Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi oleh Suyono Sosrodarsono, penerbit PT. Pradnya Paramita tahun 2000, Jakarta.

#### 7.3.1. Perhitungan Daya Dukung Tanah Tiang Bor Diameter 600 mm

##### Data Perencanaan :

- Diameter tiang bor = 600 mm
- Jarak pusat antar tiang = 1,8 m
- Kedalaman tiang = 12 m

1. Harga N rata-rata dari tanah pondasi pada ujung tiang

$$N = \frac{N_1 + N_2}{2}$$

Dengan :

$N_1$  = harga N pada ujung tiang

$N_2$  = harga rata-rata pada jarak 4D dari ujung tiang

2. Gaya geser maksimum dinding tiang

Hitung besarnya intensitas gaya geser dinding tiang (*friction*) berdasarkan jenis tanah yang ada dan jenis pondasi tiang yang digunakan

**Tabel 7.1 Intensitas gaya geser dinding tiang**

(Satuan: t/m<sup>2</sup>)

Jenis tanah pondasi \ Jenis tiang	Tiang pracetak	Tiang yang dicor di tempat
Tanah berpasir	$\frac{N}{5} (\leq 10)$	$\frac{N}{2} (\leq 12)$
Tanah kohesif	$c$ atau $N (\leq 12)$	$\frac{c}{2}$ atau $\frac{N}{2} (\leq 12)$

(Ir. Suyono Sosrodarsono, Kazuto Nakazawa hal.102)

Gaya geser maksimum dinding tiang ( $U \sum l_i f_i$ ) yang terjadi adalah

$$U \sum l_i f_i = \pi D \text{ friction}$$

Dimana :

D = Diameter tiang (m)

friction = intensitas gaya geser dinding tiang

### 3. Daya dukung ujung tiang

Hitung besarnya daya dukung ujung tiang ( $q_d . A$ )

$$\frac{q_d}{N} = 20$$

$$q_d = 20 . N$$

$$q_d . A = 20 . N . A$$

$$q_d . A = 20 \times N \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

### 4. Daya dukung ultimate ( $R_u$ )

$$R_u = q_d . A + U \sum l_i f_i$$

**Tabel 7.2 Daya dukung satu tiang (tiang bor diameter 600 mm)**

Depth m	Description S / C	N- SPT	(N1+N2) 2	Friction Ton/m <sup>2</sup>	S Friction Ton	Bearing Ton	Pu Ton	Pijin Ton
								SF= 3.00
0	C	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000
1	C	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000
2	C	5	3.75	2.5	4.712	42.412	47.124	15.708
3	C	6.5	6.125	3.25	10.838	69.272	80.111	26.704
4	C	8	7.625	4	18.378	86.237	104.615	34.872
5	C	8.5	8.375	4.25	26.389	94.719	121.108	40.369
6	C	9	8.875	4.5	34.872	100.374	135.246	45.082
7	C	12	11.25	6	46.181	127.235	173.416	57.805
8	C	15	14.25	7.5	60.319	161.164	221.482	73.827
9	C	15.5	15.375	7.75	74.927	173.887	248.814	82.938
10	C	16	15.875	8	90.007	179.542	269.549	89.850
11	C	38	32.5	12	112.626	367.566	480.192	160.064
12	S	60	54.5	12	135.246	616.380	751.626	250.542
13	S	60	60	12	157.865	678.584	836.449	278.816
14	S	60	60	12	180.484	678.584	859.069	286.356
15	S	60	60	12	203.104	678.584	881.688	293.896

16	S	60	60	12	225.723	678.584	904.307	301.436
17	S	49	51.75	12	248.343	585.279	833.622	277.874
18	S	38	40.75	12	270.962	460.872	731.834	243.945
19	S	38.5	38.375	12	293.582	434.011	727.593	242.531
20	S	39	38.875	12	316.201	439.666	755.867	251.956
21	S	45.5	43.875	12	338.821	496.215	835.035	278.345
22	S	52	50.375	12	361.440	569.728	931.168	310.389
23	S	56	55	12	384.060	622.035	1006.095	335.365
24	S	60	59	12	406.679	667.274	1073.953	357.984
25	S	60	60	12	429.299	678.584	1107.883	369.294
26	S	60	60	12	451.918	678.584	1130.502	376.834
27	S	46.5	49.875	12	474.538	564.073	1038.611	346.204
28	S	33	36.375	12	497.157	411.392	908.549	302.850
29	S	35.5	34.875	12	519.777	394.427	914.203	304.734
30	S	38	37.375	12	542.396	422.701	965.097	321.699
31	S	35	35.75	12	565.015	404.323	969.338	323.113
32	S	32	32.75	12	587.635	370.394	958.029	319.343
33	S	36	35	12	610.254	395.841	1006.095	335.365
34	S	40	39	12	632.874	441.080	1073.953	357.984
35	S	36	37	12	655.493	418.460	1073.953	357.984
36	S	32	33	12	678.113	373.221	1051.334	350.445
37	S	33	32.75	12	700.732	370.394	1071.126	357.042
38	S	34	33.75	12	723.352	381.704	1105.055	368.352
39	S	33.5	33.625	12	745.971	380.290	1126.261	375.420
40	S	33	33.125	12	768.591	374.635	1143.226	381.075
41	S	44	41.25	12	791.210	466.527	1257.737	419.246
42	S	55	52.25	12	813.830	590.934	1404.763	468.254
43	S	44.5	47.125	12	836.449	532.971	1369.420	456.473
44	S	34	36.625	12	859.069	414.219	1273.288	424.429
45	S	47	43.75	12	881.688	494.801	1376.489	458.830
46	S	60	56.75	12	904.307	641.827	1546.135	515.378
47	S	60	60	12	926.927	678.584	1605.511	535.170
48	S	60	60	12	949.546	678.584	1628.130	542.710
49	S	58	58.5	12	972.166	661.619	1633.785	544.595
50	S	56	56.5	12	994.785	639.000	1633.785	544.595

## 7.4. Perhitungan Daya Dukung Bahan

### 7.4.1. Perhitungan Daya Dukung Bahan Tiang Bor Diameter 600 mm

#### Data Perencanaan :

- Diameter tiang bor = 600 mm
- Jarak pusat antar tiang = 1,8 m
- $f_c'$  = 20 MPa

#### 1. Perhitungan daya dukung akibat bahan untuk tiang bor

$$\begin{aligned}
 P_{\text{akibat bahan}} &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times 0,85 \times 0,8 \times f_c' \\
 &= \frac{\pi}{4} \times 600^2 \times 0,85 \times 0,8 \times 20 \\
 &= 3846867,143 \text{ N} \\
 &= 384,69 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Dengan :

D = diameter tiang bor

$f_c'$  = mutu beton rencana untuk tiang bor

## 7.5. Perhitungan Pondasi

### 7.5.1. Tipe Pile Cap (P1)

#### 7.5.1.1. Perhitungan daya dukung satu tiang pancang

Nilai daya dukung ini diambil dari nilai terkecil antara daya dukung bahan dan daya dukung tanah.

- Daya dukung bahan = 384,69 ton
- Daya dukung tanah = 250,54 ton

Maka daya dukung satu tiang dipakai sebesar 250,54 Ton

Perhitungan jarak tiang (D = 600 mm)

$$S = 3D = 1800 \text{ mm} = 1,8 \text{ m}$$

Direncanakan pondasi tiang dengan 4 tiang pancang. Jarak dari as ke as tiang adalah 1,8 meter dengan konfigurasi sebagai berikut :

$$n = 2$$

$$m = 2$$

$$\begin{aligned}
 E_k &= 1 - \left( \arctan \frac{600}{1800} \right) \left[ \frac{(2-1)^2 + (2-1)^2}{90 \times 2 \times 2} \right] \\
 &= 0,795
 \end{aligned}$$



Diambil tiang pancang dengan kedalaman 12 meter dari perhitungan yang ditabelkan, didapat nilai daya dukung satu tiang pancang dalam kelompok:

$$P_{\text{akibat daya dukung tanah}} = 250,54 \text{ ton} (0,795) = 298,83 \text{ ton}$$

#### 7.5.1.2. Perhitungan daya dukung pondasi akibat beban

Untuk perhitungan daya dukung pondasi beban terpusat dan momen di dapat dari output SAP2000.

1. Tentukan letak masing-masing pondasi
  - $x$  = jarak tiang ke pusat berat kelompok tiang terhadap sumbu  $x$
  - $y$  = jarak tiang ke pusat berat kelompok tiang terhadap sumbu  $y$

AS		C-4
Label		366
P1	$x$ (m)	-0,9
	$y$ (m)	0,9
P2	$x$ (m)	0,9
	$y$ (m)	0,9
P3	$x$ (m)	-0,9
	$y$ (m)	-0,9
P4	$x$ (m)	0,9
	$y$ (m)	-0,9

2. Hitung daya dukung pondasi akibat beban
  - Untuk perhitungan penulangan lentur daya dukung pondasi beban terpusat dan momen di dapat dari output SAP2000 dengan kombinasi beban sementara.

$$V = 938,95 \text{ Ton}$$

$$M1 = 1,474 \text{ Ton m}$$

$$M2 = 5,257 \text{ Ton m}$$

Daya dukung yang terjadi pada P1 :

$$\frac{V}{n} = \frac{938,95}{4} = 234,74 \text{ Ton}$$

$$\frac{M1 \times y_i}{\sum y^2} = \frac{1,474 \times 0,9}{\sum 0,9^2 + (-0,9^2) + 0,9^2 + (-0,9^2)} = 0,409 \text{ Ton}$$

$$\frac{M2 \times x_i}{\sum x^2} = \frac{5,257 \times -0,9}{\sum 0,9^2 + (-0,9^2) + 0,9^2 + (-0,9^2)} = -1,46 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{akibat beban}} (P1) &= \frac{V}{n} + \frac{M1 \times y_i}{\sum y^2} + \frac{M2 \times x_i}{\sum x^2} \\ &= 234,74 \text{ Ton} + 0,409 \text{ Ton} - 1,46 \text{ Ton} \\ &= 233,69 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$P_{\text{akibat daya dukung tanah}} = 298,83 \text{ Ton} > P_{\text{akibat beban}} (P1)$$

Daya dukung yang terjadi pada P2 :

$$\frac{V}{n} = \frac{938,95}{4} = 234,74 \text{ Ton}$$

$$\frac{M1 \times y_i}{\sum y^2} = \frac{1,474 \times 0,9}{\sum 0,9^2 + (-0,9^2) + 0,9^2 + (-0,9^2)} = 0,409 \text{ Ton}$$

$$\frac{M2 \times x_i}{\sum x^2} = \frac{5,257 \times 0,9}{\sum 0,9^2 + (-0,9^2) + 0,9^2 + (-0,9^2)} = 1,46 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{akibat beban}} (P2) &= \frac{V}{n} + \frac{M1 \times y_i}{\sum y^2} + \frac{M2 \times x_i}{\sum x^2} \\ &= 234,74 \text{ Ton} + 0,409 \text{ Ton} + 1,46 \text{ Ton} \\ &= 236,61 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$P_{\text{akibat daya dukung tanah}} = 298,83 \text{ Ton} > P_{\text{akibat beban}} (P2)$$

Daya dukung yang terjadi pada P3 :

$$\frac{V}{n} = \frac{938,95}{4} = 234,74 \text{ Ton}$$

$$\frac{M1 \times y_i}{\sum y^2} = \frac{1,474 \times -0,9}{\sum 0,9^2 + (-0,9^2) + 0,9^2 + (-0,9^2)} = -0,409 \text{ Ton}$$

$$\frac{M2 \times x_i}{\sum x^2} = \frac{5,257 \times -0,9}{\sum 0,9^2 + (-0,9^2) + 0,9^2 + (-0,9^2)} = -1,46 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{akibat beban}} (P3) &= \frac{V}{n} + \frac{M1 \times y_i}{\sum y^2} + \frac{M2 \times x_i}{\sum x^2} \\ &= 234,74 \text{ Ton} - 0,409 \text{ Ton} - 1,46 \text{ Ton} \\ &= 232,87 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$P_{\text{akibat daya dukung tanah}} = 298,83 \text{ Ton} > P_{\text{akibat beban}} (P3)$$

Daya dukung yang terjadi pada P4 :

$$\frac{V}{n} = \frac{938,95}{4} = 234,74 \text{ Ton}$$

$$\frac{M1 \times y_i}{\sum y^2} = \frac{1,474 \times 0,9}{\sum 0,9^2 + (-0,9^2) + 0,9^2 + (-0,9^2)} = -0,409 \text{ Ton}$$

$$\frac{M2 \times x_i}{\sum x^2} = \frac{5,257 \times -0,9}{\sum 0,9^2 + (-0,9^2) + 0,9^2 + (-0,9^2)} = 1,46 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{akibat beban (P4)}} &= \frac{V}{n} + \frac{M1 \times y_i}{\sum y^2} + \frac{M2 \times x_i}{\sum x^2} \\ &= 234,74 \text{ Ton} - 0,409 \text{ Ton} + 1,46 \text{ Ton} \\ &= 235,79 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$P_{\text{akibat daya dukung tanah}} = 298,83 \text{ Ton} > P_{\text{akibat beban (P4)}}$$

### 7.5.1.3. Perhitungan penulangan bored pile

#### 1. Analisis gaya dalam untuk komponen pondasi

Untuk perhitungan penulangan lentur daya dukung pondasi beban terpusat dan momen ultimate di dapat dari output SAP2000.

$$V = 234,74 \text{ Ton} = 2347,4 \text{ Kn}$$

$$M1 = 1,474 \text{ Ton m} = 14,74 \text{ Kn m}$$

$$M2 = 5,257 \text{ Ton m} = 52,57 \text{ Kn m}$$

#### 2. Penyusunan dan persentase tulangan lentur

Berdasarkan desain tulangan yang dilakukan di software pcaColumn, didapatkann hasil untuk tulangan yang digunakan adalah sebesar 12 D19 dan nilai Mnt sebesar 173,43 Kn-m.

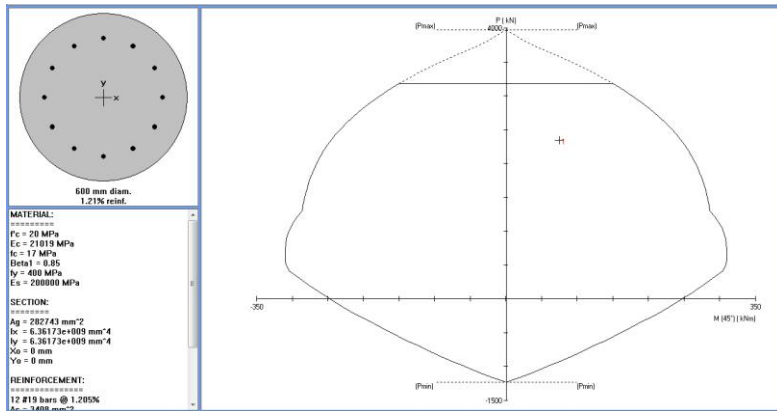
Layout: Circular  
 Pattern: All Sides Equal (Cover to transverse reinforcement)  
 Total steel area: As = 3408 mm<sup>2</sup> at rho = 1.21%  
 Minimum clear spacing = 90 mm  
 12 #19 Cover = 70 mm

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:

No.	Pu kN	Mux klm	Muy klm	FMnx klm	FMny klm	FMn/Mu NA	depth mm	Dt depth mm	eps_t	Phi
1	2347.00	53.00	53.00	173.43	173.43	3.272	430	508	0.00054	0.650

\*\*\* End of output \*\*\*

**Gambar 7.1** Hasil Analisis Nilai Mnt dengan Program spColumn



**Gambar 7.2** Hasil Analisis Bored Pile dengan Program spColumn

### 3. Penyusunan tulangan geser

- Data perencanaan :
  - L pondasi : 12000 mm
  - Diameter pondasi : 600 mm
  - Kuat tekan beton ( $f'_c$ ) : 20 MPa
  - Kuat leleh tulangan lentur ( $f_y$  lentur) : 400 MPa
  - Kuat leleh tulangan geser ( $f_y$  geser) : 240 MPa
  - Diameter tulangan lentur ( $\emptyset$  lentur) : 19 mm
  - Diameter tulangan geser ( $\emptyset$  geser) : 10 mm
  - Faktor reduksi kekuatan geser ( $\emptyset$ ) : 0,75

$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{h_n}$$

Dimana :

$M_{nt}$  = Momen nominal atas (top) kolom

$M_{nb}$  = Momen nominal bawah (bottom) kolom

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{M_{nt} + M_{nb}}{l_n} \\
 &= \frac{173.430.000 \text{ Nmm} + 173.430.000 \text{ Nmm}}{12000 \text{ mm}} \\
 &= 28905 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\frac{P_u}{14 \cdot A_g} = 0,593$$

$$\begin{aligned}
 d &= b_w - \text{decking} - \phi_{\text{geser}} - \frac{D_{\text{lentur}}}{2} \\
 &= 600\text{mm} - 70\text{mm} - 10\text{mm} - 9,5\text{mm} \\
 &= 510,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Kuat Geser Beton

$$\begin{aligned}
 V_c &= \left[ 1 + \frac{P_u}{14 \cdot A_g} \right] \cdot \left[ \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right] \cdot b_w \cdot d \\
 &= 363688 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Kuat Geser Tulangan Geser

$$\begin{aligned}
 V_{s_{\min}} &= \frac{1}{3} \cdot b \cdot d \\
 &= \frac{1}{3} \cdot 600 \cdot 510,5 \\
 &= 102100 \text{ N} \\
 V_{s_{\max}} &= \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \\
 &= \frac{2}{3} \cdot \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \cdot 600 \text{ mm} \cdot 540,5 \text{ mm} \\
 &= 913210 \text{ N} \\
 2V_{s_{\max}} &= \frac{4}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \\
 &= 1826420 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek Kondisi Geser :

**Kondisi 1**

$$V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \quad \rightarrow \text{Tidak Perlu Tulangan Geser}$$

$$28905 \text{ N} \leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 363688 \text{ N} \text{ (Memenuhi)}$$

Maka perencanaan penulangan geser pondasi diambil berdasarkan **Kondisi 1**.

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v &= (0,25 \cdot \pi \cdot d^2) \cdot n \text{ buah} \\ &= (0,25 \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2) \cdot 2 \\ &= 157,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Jarak Tulangan Geser Perlu ( $S_{\text{perlu}}$ )

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \cdot 3 \cdot f_y}{b_w} \\ &= \frac{157,08 \text{ mm}^2 \times 3 \times 240}{600 \text{ mm}} \\ &= 188,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga dipakai tulangan geser Ø10 – 150 mm.

#### **7.5.1.4. Kontrol geser pons akibat kolom**

Penampang kritis adalah pada daerah dibawah kolom seperti oleh karena itu, keliling penampang kritis ( $b_o$ ) ditentukan dengan perumusan dibawah ini :

$$\begin{aligned} b_o &= \text{Keliling penampang kritis} \\ &= 2(b_{\text{kolom}} + d) + 2(h_{\text{kolom}} + d) \\ &= 2(1000 + 919) + 2(1000 + 919) = 7676 \text{ mm} \\ d &= 1000 - 70 - 22/2 = 919 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 11.11.2.1 untuk pondasi tapak non-prategang, ( $V_c$ ) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari poin berikut :

$$a. V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_o d$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1} \right) \lambda \sqrt{20} \times 7676 \times 919 = 16089244,5 \text{ N}$$

$$b. V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_o d$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{30 \times 919}{7676} + 2 \right) \lambda \sqrt{20} \times 7676 \times 919 = 14641600,4$$

N

$$c. V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f_c'} b_o d$$

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{20} \times 7676 \times 919 = 10410687,62 \text{ N}$$

**(Menentukan)**

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 10410687,62 N = 1041,07 Ton

$$V_c \geq P_{kolom} - P_{max}$$

$$1041,07 \text{ Ton} \geq 968,6 \text{ ton} - 234,74 \text{ ton}$$

$$1041,07 \text{ Ton} \geq 733,86 \text{ ton (OK)}$$

#### 7.5.1.5. Kontrol geser pons akibat pancang

$\beta$  = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek  
(daerah beban terpusat) =  $1000/1000 = 1$

$$b_o = (0,25 \times \pi \times (1000 + 919)) + (2 \times 900) \\ = 3307,79 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 11.11.2.1 untuk pondasi tapak non-prategang, ( $V_c$ ) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari poin berikut :

$$a. V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1} \right) \lambda \sqrt{20} \times 3307,79 \times 919 = 6933278,02 \text{ N}$$

$$b. V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{30 \times 919}{3307,79} + 2 \right) \lambda \sqrt{20} \times 3307,79 \times 919 = 11661423,14 \text{ N}$$

$$c. V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'c} b_o d$$

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{20} \times 3307,79 \times 919 = 4486238,72 \text{ N}$$

**(Menentukan)**

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 4486238,72 N = 448,6 Ton

$$\begin{array}{ll} V_c & \geq P_{\max} \\ 448,6 \text{ Ton} & \geq 234,74 \text{ ton (OK)} \end{array}$$

### 7.5.1.6. Perhitungan penulangan pile cap

Pada perencanaan tulangan lentur, poer diasumsikan sebagai balok kantilever jepit dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap. Pada perencanaan penulangan ini digunakan pengaruh beban sementara, dikarenakan P beban sementara lebih besar daripada P beban tetap.

- Data Perencanaan
 

- Dimensi poer	= 3,6 m x 3,6 m x 1 m
- Jumlah tiang pancang	= 4 buah
- Dimensi kolom	= 100 cm x 100 cm
- Mutu beton ( $f'c$ )	= 20 MPa
- Mutu baja ( $f_y$ )	= 400 MPa
- Diameter tulangan utama	= 22 mm



- Selimut beton (p) = 70 mm
- $\phi$  = 0,8
- h = 700 mm

$$\begin{aligned} dx &= h - \text{decking} - \frac{1}{2} \cdot \phi_{\text{tul.lentur}} \\ &= 1000 \text{ mm} - 70 \text{ mm} - \frac{1}{2} 22 \text{ mm} \\ &= 919 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= h - \text{decking} - \phi_{\text{tul.lentur}} - \frac{1}{2} \cdot \phi_{\text{tul.lentur}} \\ &= 1000 \text{ mm} - 70 \text{ mm} - 22 \text{ mm} - \frac{1}{2} 22 \text{ mm} \\ &= 897 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Pembebanan yang terjadi pada poer adalah :

$$\begin{aligned} q_u &= \text{berat poer} \\ &= 3,6 \text{ m} \cdot 3,6 \text{ m} \cdot 1 \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 31104 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= q_u \cdot (\text{jarak as tiang ke tepi poer} + \text{jarak as tiang ke tepi kolom}) \\ &= 38880 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Momen yang terjadi pada poer adalah :

$$Mu = 4357843,49 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \beta_1 f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 20}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,022 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{maks}} &= 0,75 \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,022 \\ &= 0,016 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \\ &= \frac{400}{0,85 \cdot 20} \\ &= 23,53 \end{aligned}$$

- Penulangan Poer Arah X

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{4357843,49 \text{ Nmm}}{0,8} = 5447304,36 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{5447304,36 \text{ Nmm}}{3600 \text{ mm} \cdot (919 \text{ mm})^2} = 0,00179$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{23,53} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 23,53 \cdot 0,00179}{400}} \right] \\ &= 0,0000045 \end{aligned}$$

Cek persyaratan :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0000045 < 0,024 \text{ (tidak memenuhi)}$$

$$\text{maka, } \rho_{\text{perlu}} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 3600 \text{ mm} \cdot 919 \text{ mm} \\ &= 11579,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{\max} \leq 2 h$$

$$S_{\max} \leq 2 \cdot 1000 \text{ mm}$$

$$S_{\max} \leq 2000 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan D22

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{A_s} \\ S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \cdot 3600 \text{ mm}}{11579,4 \text{ mm}^2} \\ S &= 118,18 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka penulangan poer arah sumbu X dipasang tulangan D22-100

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2 \cdot 3600 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} \\ &= 13690,29 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

• Penulangan Poer Arah Y

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{4357843,49 \text{ Nmm}}{0,8} = 5447304,36 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{5447304,36 \text{ Nmm}}{3600 \text{ mm} \cdot (919\text{mm})^2} = 0,00179$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{23,53} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 23,53 \cdot 0,00179}{400}} \right] \\ &= 0,0000045 \end{aligned}$$

Cek persyaratan :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0000045 < 0,024 \text{ (tidak memenuhi)}$$

maka,  $\rho_{\text{perlu}} = 0,0035$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 3600 \text{ mm} \cdot 919 \text{ mm} \\ &= 11579,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{\max} \leq 2h$$

$$S_{\max} \leq 2 \cdot 1000 \text{ mm}$$

$$S_{\max} \leq 2000 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan D22

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{A_s} \\
 S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \cdot 3600 \text{ mm}}{11579,4 \text{ mm}^2} \\
 S &= 118,18 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka penulangan poer arah sumbu Y dipasang tulangan D22-100

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \cdot 3600 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} \\
 &= 13690,29 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

## 7.6. Perhitungan Kolom Pedestal

Besarnya gaya – gaya dalam kolom diperoleh dari hasil perhitungan struktur primer pada bab sebelumnya.

$$\begin{aligned}
 P_u &= 968612,68 \text{ kg} \\
 V_u &= 6073,52 \text{ kg} \\
 M_u &= 8328,54 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

### 1. Data perencanaan kolom :

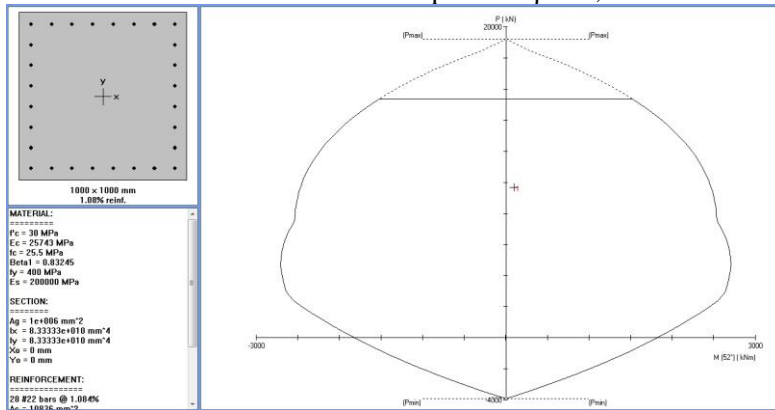
$$\begin{aligned}
 b &= 1000 \text{ mm} \\
 h &= 1000 \text{ mm} \\
 A_g &= 1000000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Mutu bahan :

$$\begin{aligned}
 f'_c &= 30 \text{ Mpa} \\
 f_y &= 400 \text{ Mpa} \\
 \text{Selimut beton} &= 50 \text{ mm} \\
 \text{Tulangan sengkang} &= \phi 12 \text{ mm} \\
 \text{Tulangan utama} &= \phi 22 \text{ mm} \\
 \text{Tinggi efektif} &= 1000 - (50 + 12 + \frac{1}{2} \cdot 22) \\
 &= 927 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

## 2. Penulangan Lentur pada Kolom

Dari PCACOL didapat nilai  $\rho = 1,08 \%$



**Gambar 7.3** Hasil Analisis Kolom Pedestal dengan Program PCAColumn

$$A_s = 0,0108 \times 1000 \times 927 \\ = 10011,6 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 28D22,  $A_s = 10836 \text{ mm}^2$  dipasang merata 4 sisi.

## 3. Penulangan Geser Kolom

$$V_u = 6073,52 \text{ kg} = 60735,2 \text{ N}$$

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton :

$$V_c = 2 \left( 1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

$$V_c = 2 \left( 1 + \frac{968612,68}{14 \times 1000000} \right) \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 1000 \times 927$$

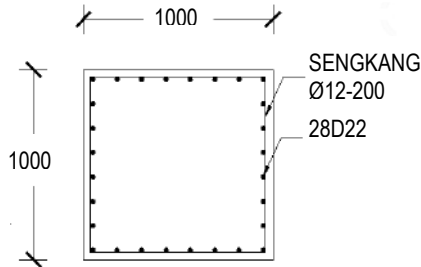
$$V_c = 1809558,48 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0.6 \times V_c$$

$$= 0,6 \times 1809558,48$$

$$= 1085735,09 \text{ N} > V_u = 60735,2 \text{ N}$$

Sehingga tidak perlu tulangan geser. Jadi dipasang tulangan geser praktis Ø12 – 200, sengkang dua kaki.



**Gambar 7.4** Penulangan Kolom Pedestal

#### 4. Kontrol Panjang Penyaluran

$$\frac{Id}{db} = \frac{3f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5\sqrt{f_c}}$$

$\alpha$  = faktor lokasi penulangan = 1,00

$\beta$  = faktor pelapis = 1,00

$\lambda$  = faktor ukuran batang tulangan = 1,00

$db$  = 22 mm

$$\frac{Id}{22} = \frac{3 \cdot 250 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,00}{5\sqrt{35}} = 602,49 \text{ mm}$$

Digunakan panjang penyaluran sebesar  $40db = 40 \cdot 22 = 880 \text{ mm}$

### 7.7. Perhitungan Sloof Pondasi

Struktur sloof digunakan untuk membuat penurunan secara bersamaan pada pondasi atau sebagai pengaku yang menghubungkan antar pondasi yang satu dengan yang lainnya. Adapun beban –beban yang ditimpakan ke sloof meliputi : berat sendiri sloof, berat dinding pada lantai paling bawah, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

Dimensi sloof :

- $b$  = 400 mm
- $h$  = 600 mm
- $A_g$  = 240000 mm<sup>2</sup>

Mutu bahan :	$f'_c = 30 \text{ MPa}$
	$f_y = 400 \text{ MPa}$
Selimut beton	$= 70 \text{ mm}$
Tul. sengkang	$= \varnothing 10$
Tul. utama	$= D19$
Tinggi efektif (d)	$= 600 - (70 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 19)$
	$= 510.5 \text{ mm}$

- Beban-beban yang terjadi pada sloof :  
 Beban dinding  $1.2 \times 120 \times 3.00 = 432 \text{ kg/m}$   
 Berat sloof  $1.2 \times 0.40 \times 0.60 \times 2400 = \underline{691.2 \text{ kg/m}}$   
 $Q_u = 1123.2 \text{ kg/m}$

Panjang sloof = 8 m

$$\begin{aligned} Mu &= 1/12 \times q_u \times L^2 \\ &= 1/12 \times 1123.2 \times 8^2 \\ &= 5990.4 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D (Vu) &= \frac{1}{2} \times q_u \times L \\ &= \frac{1}{2} \times 1123.2 \times 8 \\ &= 4492.8 \text{ kg} = 44928 \text{ N} \end{aligned}$$

- Penulangan tarik pada sloof  
 $M_u = 5990.4 \text{ kgm} = 59904000 \text{ Nmm}$   
 $D (Vu) = 4492.8 \text{ kg} = 44928 \text{ N}$   
 Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{V_u}{f_y} \\ &= \frac{44928}{400} \\ &= 112.32 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Tulangan tekan yang dibutuhkan :  
 $A'_s = 0.5 A_s$   
 $= 0.5 \times 112.32$

$$\begin{aligned}
&= 56.16 \text{ mm}^2 \\
M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
&= \frac{59904000}{0.8} \\
&= 74880000 \text{ Nmm} \\
m &= \frac{f_y}{0.85 f'_c} \\
&= \frac{400}{0.85 \times 30} \\
&= 15.69 \\
\rho_{\min} &= \frac{1.4}{f_y} \\
&= \frac{1.4}{400} \\
&= 0.0035 \\
\rho_{\max} &= 0.75 \rho_{\text{balance}} \\
&= 0.75 \frac{0.85 f'_c \beta}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\
&= 0.75 \frac{0.85 \times 30 \times 0.85}{400} \left( \frac{600}{600 + 30} \right) \\
&= 0.040 \\
R_n &= \frac{M_n}{bd^2} \\
&= \frac{74880000}{400 \times 510.5^2} \\
&= 0.718
\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15.69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.69 \times 0.718}{400}} \right) \\ &= 0.0018\end{aligned}$$

$$\rho_{\delta} < \rho_{\min} \text{ dipakai } \rho_{\min} = 0.0035$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}A_{s1} &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0.0035 \times 400 \times 510.5 \\ &= 714.7 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}A_{s1}' &= 0.50 \times A_s \\ &= 357.35 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah tulangan tarik : } A_s + A_{s1} &= 112.32 + 714.7 \\ &= 827.02 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan tulangan tarik 4D19 ( $A_s = 1134.11 \text{ mm}^2$ )

$$\begin{aligned}\text{Jumlah tulangan tekan : } A_s' + A_{s1}' &= 56.16 + 357.35 \\ &= 413.51 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan tulangan 4D19 ( $A_s = 1134.11 \text{ mm}^2$ )

- Penulangan Geser Sloof

$$V_u = 44928 \text{ N}$$

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton :

$$\begin{aligned}V_c &= 2 \left( 1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} b d \\ &= 2 \times \left( 1 + \frac{126917.1}{14 \times 240000} \right) \times \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 400 \times 510.5 \\ &= 276910.227 \text{ N} > V_u = 44928 \text{ N}\end{aligned}$$

Sehingga tidak perlu tulangan geser. Jadi dipasang tulangan geser  $\varnothing 10 - 150$ , sengkang 2 kaki.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB VIII**

### **PENUTUP**

#### **8.1. Kesimpulan**

Dari hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan struktur sekunder :
  - a. Pelat lantai atap dan lantai hotel menggunakan bondek dari Super Floor Deck tebal 0.75 mm dengan pelat beton tebal 90 mm dan dipasang tulangan negatif Ø8-200.
  - b. Dimensi balok anak pada atap menggunakan profil WF 300.150.6,5.9 dan lantai menggunakan profil WF 350.250.8.12.
  - c. Dimensi balok lift menggunakan profil WF 400.300.10.16
  - d. Tebal pelat tangga yang digunakan 3 mm dan dimensi pengaku anak tangga siku 45.45.5.
  - e. Tebal pelat bordes yang digunakan 6 mm dan dimensi balok bordes menggunakan profil WF 150.75.5.7.
  - f. Dimensi balok utama tangga menggunakan profil WF 200.100.5,5.8 dan balok penumpu tangga menggunakan profil WF 350.150.6,5.9.
  - g. Tebal pelat ramp yang digunakan 10 cm.
  - h. Tebal pelat bordes yang digunakan 10 cm dan dimensi balok bordes menggunakan profil WF 300.150.6,5.9.
  - i. Dimensi balok utama ramp menggunakan profil WF 350.250.8.12 dan balok penumpu ramp menggunakan profil WF 500.200.10.16.
2. Hasil perhitungan struktur primer :
  - a. Dimensi balok induk atap melintang menggunakan profil CB 495 x 250 x 8 x 12 dan balok induk atap memanjang menggunakan profil 432.5 x 200 x 9 x 14.
  - b. Dimensi balok induk melintang lantai 1-7 menggunakan profil CB 712.5 x 300 x 11 x 15 dan balok induk

- memanjang lantai 1-7 menggunakan profil CB 710 x 200 x 10 x 16.
- c. Dimensi balok induk melintang lantai 8-14 menggunakan profil CB 710 x 200 x 10 x 16 dan balok induk memanjang lantai 8-14 menggunakan profil CB 627.5 x 300 x 10 x 15.
  - d. Dimensi balok induk melintang lantai 15-21 menggunakan profil CB 627.5 x 300 x 10 x 15 dan balok induk memanjang lantai 15-21 menggunakan profil CB 562.5 x 300 x 9 x 14.
  - e. Dimensi kolom lantai G-5 menggunakan profil RCFT 700.700.22.22, dimensi kolom lantai 6-10 menggunakan profil RCFT 650.650.22.22, dimensi kolom lantai 11-14 menggunakan profil RCFT 600.600.22.22, dimensi kolom lantai 15-18 menggunakan profil RCFT 550.550.22.22 dan dimensi kolom lantai 19-atap menggunakan profil RCFT 500.500.22.22.
3. Hasil perhitungan struktur bawah :
- a. Struktur pondasi menggunakan pondasi bored pile diameter 600 mm untuk tipe pilecap P1 dan P3 dan diameter 800 mm untuk tipe pilecap P2.
  - b. Pilecap tipe P1 menggunakan dimensi 3,6m x 3,6m x 1m dengan tulangan lentur arah X D22-100 mm dan tulangan lentur arah Y D22-100 mm, pilecap tipe P2 menggunakan dimensi 19,2m x 4,8m x 1m dengan tulangan lentur arah X D22-100 mm dan tulangan lentur arah Y D22-100 mm dan pilecap tipe P3 menggunakan dimensi 10,8m x 3,6m x 1m dengan tulangan lentur arah X D22-100 mm dan tulangan lentur arah Y D22-100 mm.
  - c. Dimensi kolom pedestal direncanakan 1000 mm x 1000 mm dengan tulangan utama 28D22 dan tulangan geser  $\emptyset$ 12-200.
  - d. Dimensi sloof direncanakan 400 mm x 600 mm dengan tulangan lentur 4D19 dan tulangan geser  $\emptyset$ 10-150.

## **8.2. Saran**

Diharapkan dilakukan studi yang mempelajari tentang perencanaan struktur *Castellated Beam* dan *Rectangular Concrete Filled Steel Tube* lebih dalam dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomis dan estetika. Sehingga perencanaan dapat dimodelkan semirip mungkin dengan kondisi yang sesungguhnya di lapangan.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **DAFTAR PUSTAKA**

- American Institute of Steel Construction, Inc. 2005. Seismic Provisions for Structural Steel Building (AISC 341-05).Chicago : 2005.
- American Institute of Steel Construction, Inc. 2010. Specification for Structural Steel Buidings (AISC 360-10).Chicago : 2010.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 1726:2012).Bandung : BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain(SNI 1727:2012).Bandung : BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2015).Bandung : BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013).Bandung : BSN.
- Sosrodarsono, Ir.Suyono dan Nakazawa, Kazuto. (1980). Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BIODATA PENULIS



**Arlyna Kristyanti**, lahir pada tanggal 28 Desember 1993 dan merupakan putri tunggal. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Negeri 05 Madiun Lor tahun 2006, SMP Negeri 1 Madiun tahun 2009, SMA Negeri 2 Madiun tahun 2012, dan D3 Teknik Sipil ITS Surabaya tahun 2015. Selama menempuh pendidikan di D3 Teknik Sipil ITS, penulis aktif dalam kegiatan kemahasiswaan selama tiga tahun. Penulis aktif dalam kegiatan yang diselenggarakan BEM ITS, BEM FTSP-ITS dan juga aktif dalam mensukseskan beberapa kegiatan yang diselenggarakan oleh Himpunan Mahasiswa Diploma Teknik Sipil FTSP-ITS. Setelah lulus dari D3 Teknik Sipil ITS tahun 2015, penulis diterima kuliah di Program S1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS pada tahun yang sama. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 3115105064.

*Email :* [arlynakristyanti@gmail.com](mailto:arlynakristyanti@gmail.com)

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
**PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR**  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSP – ITS

**BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN  
SEMINAR DAN LISAN  
TUGAS AKHIR**

Pada hari ini **Kamis** tanggal **13 Juli 2017** jam **09.00 WIB** telah diselenggarakan **UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR** Program Sarjana Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil FTSP-ITS bagi mahasiswa:



NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
3115105064	Artyna Kristyanti	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Office Biliton Surabaya dengan Menggunakan Kolom Rectangular Concrete Filled Steel Tube (RCFT) dan Balok Octagonal Castellated

Dengan Hasil :

<input type="checkbox"/> Lulus Tanpa Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
<input checked="" type="checkbox"/> Lulus Dengan Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Lisan

Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

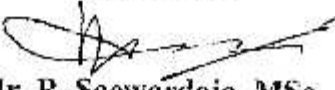
Gambar no. 25 tulangan pile cap diameter tulangan atas diperkecil,  
hal 207 P alihut bahan diperbaiki, kontrol H&K dibuat.  
NIR Pak Wardoyo diperbaiki, Abstract diperbaiki, pelajari geser pers.

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Data Iranata, ST. MT. PhD	
Harun Al Rasyid, ST. MT. PhD	

Surabaya, 13 Juli 2017  
Dosen Pembimbing I  
(Ketua)

  
**Budi Suswanto, ST. MT. PhD**

Dosen Pembimbing 2  
(Sekretaris)

  
**Ir. R. Soewardoyo, MSc**

Dosen Pembimbing 3  
(Sekretaris)



Form AK/TA-04

rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	BUPI SUSWANTO, ST, MT, Ph.D.
NAMA MAHASISWA	ARLYNA KHISTYANTI
NRP	311100064
JUDUL TUGAS AKHIR	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR Gedung Office BILTON SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN KOLAM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN BALOK OCTAGONAL CASTELLATED
TANGGAL PROPOSAL	
NO. SP-MMTA	012.628 / IT2.VI.4.1 / PP.05.02.00 / 2017

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	09-03-2017	- AS tubangan pelat harus di konversi - Perisi gubuk dan garok tubangan - Steltra checking di tempikan - Balok arah lintang 8m diganti WF 350.....	- Menghitung Penulangan Tangga - Menghitung Lift	JKR
2	20-03-2017	- Review tangga, balok - Cek kontrol lendutan	- Menghitung Lift dan ramp	JKR
3	27-04-2017	- Menambah ssw di tengah (pada lokasi adanya lift) - Modelkan pit lift	- Menghitung kontrol partisipasi massa, periode getas struktur, kontrol nilai akhir respon spektrum kontrol batas simpangan.	JKR
4	05-05-2017	- Kontrol partisipasi massa - Periode getas struktur, - Kontrol nilai akhir respon spektrum - Kontrol batas simpangan	- Menghitung balok endok - Menghitung kolom RCFT.	JKR
5	12-05-2017	- Lb untuk balok B1 & B2 - Output sap kolom CFT untuk nilai Em, B1, B2 - Output SPW.	- Menghitung SPW	JKR
				JKR





Form AK/TA 04  
10/01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D
NAMA MAHASISWA	: ARLYNA KRISTYANTI
NRP	: 3115105064
JUDUL TUGAS AKHIR	: MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG OFFICE BILITON SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN BALOK OCTAGONAL CAPELLETED
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	: 02.628 / IT.2. VI.4.1 / PP-05.02.00 / 2017

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
6	26-05-2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perhitungan SPSW.</li> <li>- Perhitungan sambungan</li> <li>- Memberi label gambar sketsa untuk sambungan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perhitungan pondasi</li> <li>- Gambar rencana.</li> </ul>	JKD
7	09-06-2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perhitungan Pondasi Bored Pile</li> <li>- Perhitungan Sambungan Momen pada HBE - VBE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perhitungan Pondasi Bored Pile <math>D = 600 \text{ mm}</math></li> <li>- Perhitungan Pile Cap</li> <li>- Perhitungan Pedestal</li> </ul>	JKD
8	13-06-2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perhitungan Pondasi Bored Pile 4 tang</li> <li>- Perhitungan Pile Cap <math>3 \times 3 \times 0,7</math></li> <li>- Perhitungan Pedestal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perhitungan Pondasi 8 tang</li> <li>- Perhitungan Pedestal</li> <li>- Gambar Struktur</li> </ul>	JKD



Form AK/TA-04-  
rev.1

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil II.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax:031-5947284



NAMA PEMBIMBING	R. SCEWARDJOJO, Ir., M.Sc.
NAMA MAHASISWA	ARLYNA KRISTYANTI
NRP	311101064
JUDUL TUGAS AKHIR	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG OFFICE ELITON SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN KOLAM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN BALOK OCTAGONAL CASTELLATED
TANGGAL PROPOSAL	
NO. SP-MMTA	012628 / IT2. VI.4.1 / PP 05.02.00 / 2017



NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	05-05-2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kontrol penampang tekuk lateral pada balok utama ramp</li> <li>Kontrol desain setelah SPW ditamban.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perhitungan balok induk kastela.</li> </ul>	
2		<ul style="list-style-type: none"> <li>Cek Perhitungan balok B1 dan B2</li> </ul>		
3	21-05-2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perhitungan Lb balok B2</li> <li>Perhitungan sambungan (nilai tp)</li> <li>Nilai Cv pada sambungan balok T dan SPW</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menggambar sketsa sambungan.</li> </ul>	

# DRILLING LOG

Project No. : 1	Project : -	Type of Drilling : <b>Rotary</b>	<u>Ket :</u>
Bore Hole No. : P.7	Lokasi : Jl. Biliton Surabaya	Date : <b>23 Juni - 26 Juni 2012</b>	
ater Table : - 1 50	<b>Elevation : ± 0.0 ( muka tanah setempat )</b>	Driller : <b>Dasuki</b>	

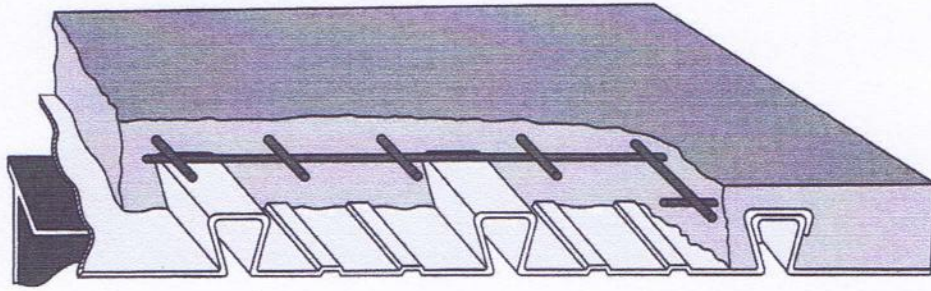
Ket :

[illegible]

Legenda :		Remarks :					
	= Lempung		= Undisturb Sample	* = Not Teste	$\gamma_t$ = Unit weight	$e$ = Void Ratio	$LL$ = Liquid limit
	= Lanau		= SPT Test	NP = Non Plastis	$w_c$ = Water content	= Specific Gravity	$P_L$ = Plastic limit
				NS = Not Sample/SPT > 50	$S_r$ = Degree of Saturation		$PI$ = Plasticity Index

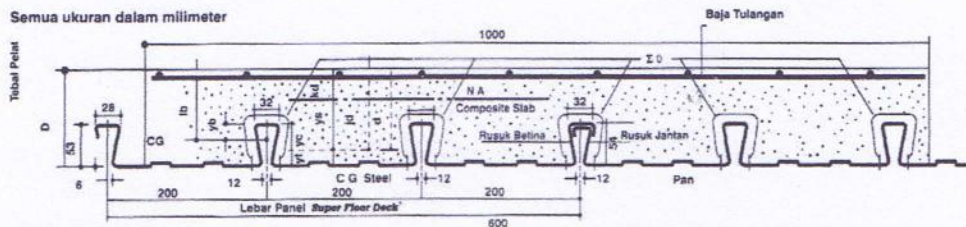


# Super Floor Deck®



## PERENCANAAN: Plat Lantai Komposit

Semua ukuran dalam milimeter



### Tabel Perencanaan Praktis

Tabel Perencanaan Praktis berikut ini bisa membantu dalam perencanaan penggunaan **Super Floor Deck®** untuk suatu bangunan antara lain:

- Menunjukkan tabel plat beton untuk bentang tunggal, bentang ganda, dan bentang menerus.
- Kebutuhan tulangan negatif, serta perhitungan luas penampangnya, pada bentang ganda atau bentang menerus.
- Ketebalan plat beton pada bentang tertentu, serta berbagai beban (Super Imposed Load)
- Tiang penyangga sementara yang dibutuhkan untuk meniadakan lendutan awal pada waktu beton dan **Super Floor Deck®** belum berfungsi.

TABEL 1 : SIFAT PENAMPANG **Super Floor Deck®** PERLEBAR 1000 MM

Tebal Pelat	Berat per satuan luas	Luas penampang	Penampang efektif penuh		Momen lentur positif			Momen lentur negatif			Ie	Gaya reaksi aman untuk perletakan tepi			Gaya reaksi aman untuk perletakan tengah		
			Ye	Yt	Ip	Zpc	Zpt	In	Znc	Znt		10 mm perletakan	Pertambahan per 10 mm	max	10 mm Or Bearing KN	Pertambahan per 10 mm	Max
mm	kg / m <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	mm	mm	10 <sup>8</sup> x mm <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup> x mm <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> x mm <sup>3</sup>	10 <sup>8</sup> x mm <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup> x mm <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> x mm <sup>3</sup>	10 <sup>8</sup> x mm <sup>4</sup>	10 mm Or Bearing KN	Increment, Per 10 mm KN	KN	10 mm Or Bearing KN	Increment, Per 10 mm KN	KN
675	16.1	1241	38.8	15.4	8.511	13.15	33.14	0.309	10.21	10.73	0.425	3.76	0.99	8.11	15.01	1.14	19.19

Catatan : Ip = momen inersia profil panel untuk daerah momen positif

Znc = idem, dasar dek dalam daerah momen negatif (tegangan tekan)

Ie = momen inersia ekuivalen untuk perhitungan lendutan bentang menerus

Notes In = idem untuk daerah momen negatif

Zpc = idem, puncak rusuk, dalam daerah momen positif (tegangan tekan)

Ip = Ip (1.25 - 0.25 p/in)

Znt = momen tahanan, puncak rusuk dalam daerah momen negatif (tegangan tarik)

Zpt = idem, dasar dek, dalam daerah momen positif (tegangan tarik)

TABEL 2 : TABEL PERENCANAAN PRAKTIS

Super Floor Deck® 0.75 MM		BENTANG TUNJANG TANPA TULANGAN NEGATIF SIMPLE SPAN CONDITION WITHOUT NEGATIVE REINFORCEMENT										BENTANG GANDA DENGAN TULANGAN NEGATIF DOUBLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT										BENTANG MENERUS DENGAN TULANGAN NEGATIF MULTIPLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT															
BEBAN BERGUNA SUPER IMPOSED LOAD KG/M <sup>2</sup>		200	300	400	500	600	750	1000	200	300	400	500	600	750	1000	200	300	400	500	600	750	1000	200	300	400	500	600	750	1000								
TIME PERTANGGAH PROPPING	SPAN M	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM								
TAMPA PERTANGGAH NO. PROPS	1.50	9	9	9	9	9	9	9	9	0.75	9	0.91	9	1.07	9	1.24	9	1.40	9	1.66	9	2.08	9	0.59	9	0.73	9	0.85	9	0.98	9	1.11	9	1.31	9	1.65	
	1.75	9	9	9	9	9	9	10	9	1.03	9	1.25	9	1.48	9	1.71	9	1.94	9	2.29	10	2.53	9	0.81	9	0.99	9	1.17	9	1.35	9	1.53	9	1.81	10	2.00	
	2.00	9	9	9	9	9	9	10	9	1.36	9	1.65	9	1.95	9	2.26	9	2.57	9	3.04	10	3.35	9	1.07	9	1.31	9	1.55	9	1.79	9	2.03	9	2.39	10	2.65	
	2.25	9	9	9	9	9	9	10	11	9	1.73	9	2.12	9	2.50	9	2.90	9	3.29	9	3.89	11	3.85	9	1.37	9	1.68	9	1.98	9	2.30	9	2.60	9	3.08	11	3.04
	2.50	9	9	9	9	9	9	10	14	9	2.16	9	2.65	9	3.13	9	3.62	9	4.11	10	4.29	14	3.69	9	1.71	9	2.09	9	2.48	9	2.86	9	3.25	10	3.39	14	2.92
SATU BARIS PERTANGGAH ONE ROW PROPS	2.75	10	10	10	10	11	12	15	9	2.64	9	3.24	9	3.83	10	3.94	11	4.02	12	4.29	15	4.23	9	2.09	9	2.25	9	3.02	10	3.11	11	3.18	12	3.39	15	3.33	
	3.00	10	10	10	10	11	12	13	9	3.17	9	3.87	10	4.10	11	4.28	12	4.41	13	4.74			9	2.51	9	3.07	10	3.25	11	3.38	12	3.49	13	3.75			
	3.25	11	11	11	11	12	13	14	10	3.41	10	4.13	10	4.87	12	4.65	13	4.83	14	5.22			10	2.70	10	3.27	10	3.84	12	3.67	13	3.82	14	4.12			
	3.50	12	12	12	12	13	15	11	3.68	11	4.42	11	5.18	12	5.44	13	5.64	15	5.71			11	2.90	11	3.49	11	4.09	12	4.29	13	4.46	15	4.51				
	3.75	13	13	13	13	14			11	4.25	11	5.11	11	5.99	13	5.83	14	6.09					11	3.36	11	4.04	11	4.73	13	4.61	14	4.81					
DUA BARIS PERTANGGAH TWO ROW PROPS	4.00	14	14	14	14	15			12	4.55	12	5.43	12	6.33	14	6.24	15	6.55					12	3.59	12	4.28	12	4.99	14	4.93	15	5.17					
	4.50								13	5.49	13	6.51	14	7.06	15	7.53							13	4.34	13	5.14	14	5.68	15	5.95							
	5.00								15	6.20	15	7.27	15	8.90									15	4.90	15	5.73	15	6.58									

Catatan : - BEBAN MATI (BERAT SENDIRI **Super Floor Deck®** DAN PELAT BETON) SUDAH DIPERHITUNGKAN

- BEBAN BERGUNA DALAM TABEL ADALAH JUMLAH BEBAN HIDUP DAN BEBAN-BEBAN FINISHING LAINNYA

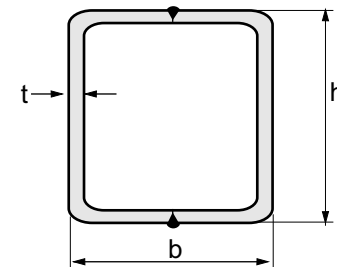
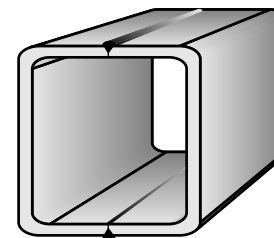
- MUTU BAJA TULANGAN U - 48





METRIC SIZE

DIMENSION	H	B	t	R	WEIGHT	AREA	MOMENT OF INERTIA	MOMENT OF RESISTANT	RADIUS OF GYRATION
							$I_x = I_y$	$Z_x = Z_y$	$i_x = i_y$
	mm	mm	mm	mm	kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
180	180	6.30	18	33.56	42.41	2,095.65	232.85	7.03	
180	180	8.00	18	41.92	52.84	2,545.86	282.87	6.94	
180	180	10.00	18	51.36	64.57	3,016.80	335.20	6.84	
220	220	6.30	18	41.48	52.49	3,939.93	358.18	8.66	
220	220	8.00	18	51.96	65.64	4,828.01	438.91	8.58	
220	220	10.00	18	63.92	80.57	5,782.46	525.68	8.47	
200	200	8.00	18	46.94	59.24	3,566.25	356.63	7.76	
200	200	9.00	18	52.34	66.67	3,990.00	399.00	7.73	
200	200	10.00	18	57.64	72.57	4,251.06	425.11	7.65	
200	200	12.00	18	67.92	86.53	4,980.00	498.00	7.59	
250	250	8.00	18	59.50	75.24	7,229.20	578.34	9.80	
250	250	9.00	18	66.48	84.67	8,090.00	647.00	9.78	
250	250	10.00	18	73.34	92.57	8,706.67	696.53	9.70	
250	250	12.00	18	86.76	110.50	10,300.00	820.00	9.63	
250	250	16.00	45	112.38	138.80	12,000.00	964.00	9.32	
260	260	6.30	18	49.38	62.57	6,634.95	510.38	10.30	
260	260	8.00	18	62.00	78.44	8,178.02	629.08	10.21	
260	260	10.00	18	76.48	96.57	9,864.65	758.82	10.11	
260	260	11.00	18	83.56	105.41	10,656.87	819.76	10.06	
300	300	8.00	18	72.06	91.24	12,800.69	853.38	11.84	
300	300	9.00	18	80.60	102.70	14,300.00	956.00	11.80	
300	300	10.00	18	89.04	112.57	15,519.37	1,034.62	11.74	
300	300	12.00	18	105.60	134.50	18,300.00	1,220.00	11.70	
300	300	16.00	45	137.50	170.80	22,100.00	1,470.00	11.40	
350	350	9.00	18	94.74	120.70	23,200.00	1,320.00	13.90	
350	350	12.00	18	124.44	158.50	29,800.00	1,700.00	13.70	
350	350	16.00	45	162.62	202.80	36,500.00	2,090.00	13.40	
350	350	19.00	45	190.18	233.80	40,700.00	2,320.00	13.20	
400	400	12.00	18	143.28	180.10	44,300.00	2,220.00	15.70	
400	400	16.00	45	187.74	234.80	56,200.00	2,810.00	15.50	
400	400	19.00	45	220.02	271.80	63,100.00	3,160.00	15.20	
400	400	22.00	75	251.34	300.20	66,200.00	3,310.00	14.80	
400	400	25.00	75	281.74	346.00	76,500.00	3,830.00	14.90	
450	450	12.00	18	162.12	204.10	64,200.00	2,850.00	17.70	
450	450	16.00	45	212.86	266.80	81,800.00	3,640.00	17.50	
450	450	19.00	45	249.84	309.80	92,600.00	4,120.00	17.30	
450	450	22.00	75	285.88	344.20	98,500.00	4,380.00	16.90	
450	450	25.00	75	321.00	396.00	113,600.00	5,050.00	16.90	
500	500	12.00	18	180.96	228.10	89,300.00	3,570.00	19.80	
500	500	16.00	45	237.98	298.80	114,000.00	4,570.00	19.60	
500	500	19.00	45	279.68	347.80	130,000.00	5,200.00	19.30	
500	500	22.00	75	320.42	388.20	140,000.00	5,590.00	19.00	
500	500	25.00	75	360.24	446.00	160,900.00	6,440.00	19.00	
550	550	12.00	18	199.80	252.10	120,100.00	4,370.00	21.80	
550	550	16.00	45	263.10	330.80	154,500.00	5,620.00	21.60	
550	550	19.00	45	309.50	388.10	178,500.00	6,490.00	21.40	
550	550	22.00	75	354.96	443.90	200,800.00	7,300.00	21.30	
550	550	25.00	75	399.50	496.00	219,800.00	7,990.00	21.00	
600	600	12.00	18	218.64	276.10	157,300.00	5,240.00	23.80	
600	600	16.00	45	288.22	362.80	203,000.00	6,770.00	23.70	
600	600	19.00	45	339.34	426.10	235,100.00	7,840.00	23.50	
600	600	22.00	75	389.50	487.90	265,200.00	8,840.00	23.30	
600	600	25.00	75	438.74	546.00	291,400.00	9,710.00	23.10	
650	650	12.00	18	237.48	300.10	201,500.00	6,200.00	25.90	
650	650	16.00	45	313.34	394.80	260,800.00	8,020.00	25.70	
650	650	19.00	45	369.16	464.10	302,500.00	9,310.00	25.50	
650	650	22.00	75	424.04	531.90	342,100.00	10,520.00	25.40	
650	650	25.00	75	478.00	596.00	377,000.00	11,600.00	25.10	
700	700	12.00	18	256.32	324.10	253,300.00	7,240.00	28.00	
700	700	16.00	45	338.46	426.80	328,500.00	9,380.00	27.70	
700	700	19.00	45	399.00	502.10	381,800.00	10,910.00	27.60	
700	700	22.00	75	458.58	575.90	432,500.00	12,360.00	27.40	
700	700	25.00	75	517.24	646.00	477,900.00	13,650.00	27.20	



## CHEMICAL COMPOSITION

GRADE	C (%) Max	Mn (%)	Si (%)	P (%) Max	S (%) Max
SS 400	-	-	-	0.040	0.040
A 36	0.25	1.40	1.40	0.040	0.040
SM 490 A & B	0.20	1.60 Max	0.55Max	0.035	0.035
GR 50 A	0.23	1.60 Max	0.55Max	0.050	0.050

## MECHANICAL PROPERTIES

GRADE	Y.S (Mpa)			T.S (Mpa)	E (%)
	t ≤ 16 mm	16 mm ≤ t ≤ 40 mm	t ≤ 40 mm		
SS 400	245	235	215	400 - 510	21
A 36	250	250	250	400 - 550	20
SM 490 A & B	325	315	295	490 - 610	17
GR 50 A	355	345	340	490 - 640	18

## NOTE :

- Standard length 6 m and 12 m
- Thickness Max. 25 mm
- Other specification/standard size on request can also be supplied
- Size 100 x 100 S/d 1000 x 1000 mm

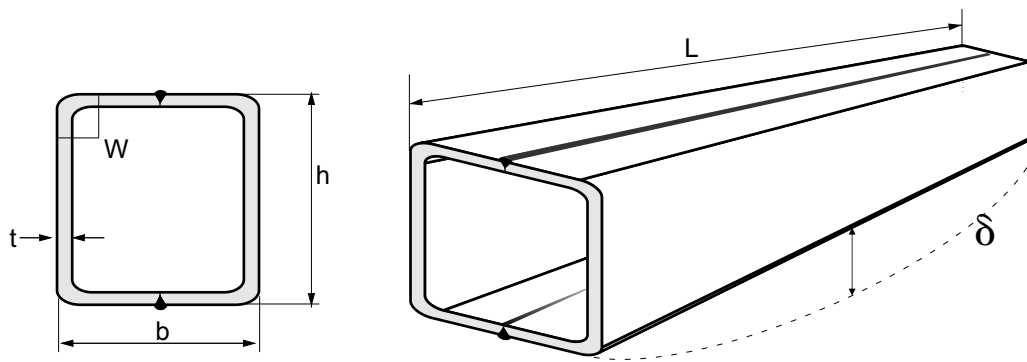
continue.....>>

## HEAD OFFICE & FACTORY

Jl. Imam Bonjol 4, Warung Bongkok,  
Sukadana, Cikarang Barat,  
Bekasi 17520, West Java, INDONESIA  
Forming Department  
Phone DID : (62-21) 898 38 291 - 296  
Phone Flexy : (021) 7085 3154 - 158  
Fax : (62-21) 898 38 298  
e-mail : pj101@grdsteel.com  
pj102@grdsteel.com



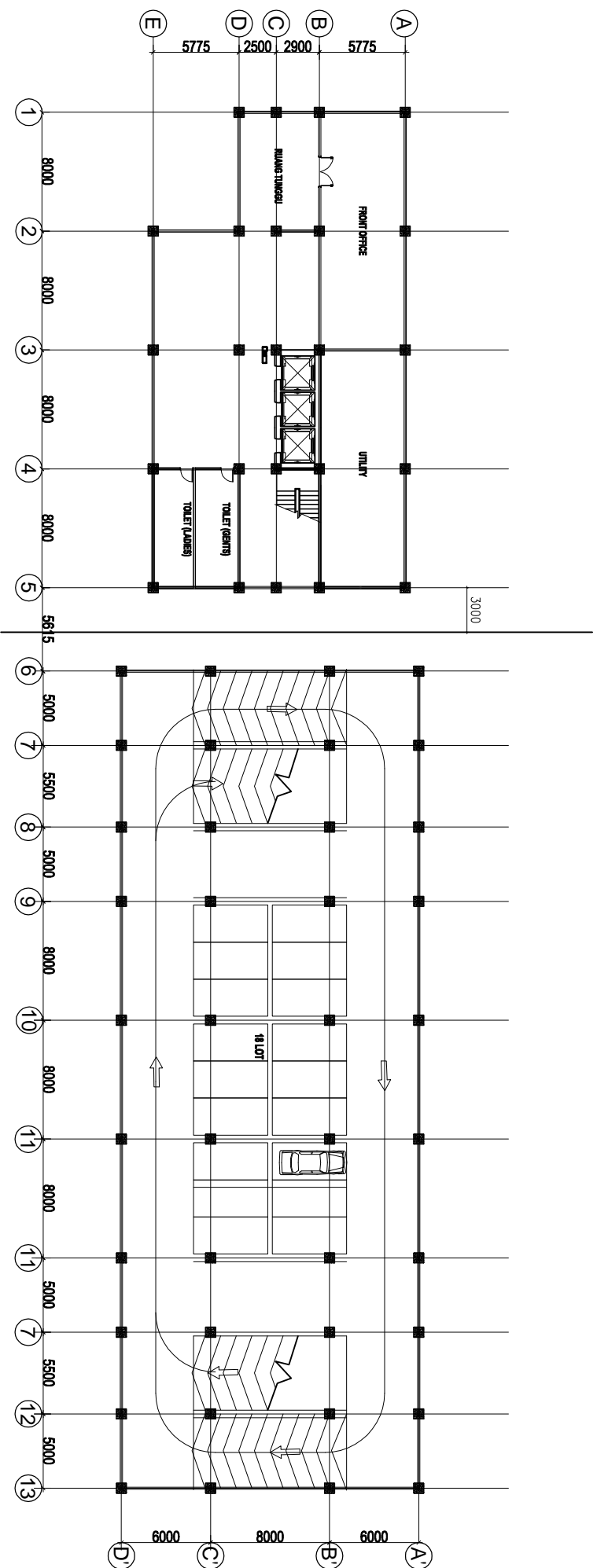
## SHAPED AND TOLERANCE



DESCRIPTION	TOLERANCE
Length (L)	- 0 + 50 mm
Cross-Section (B)	JIS G 3466
Delection ( $\delta$ )	1/1000 length max
Squareness (W)	$\pm 20$
Twisting	$\pm 4$ mm
Thickness	JIS G 3193


### Standard :

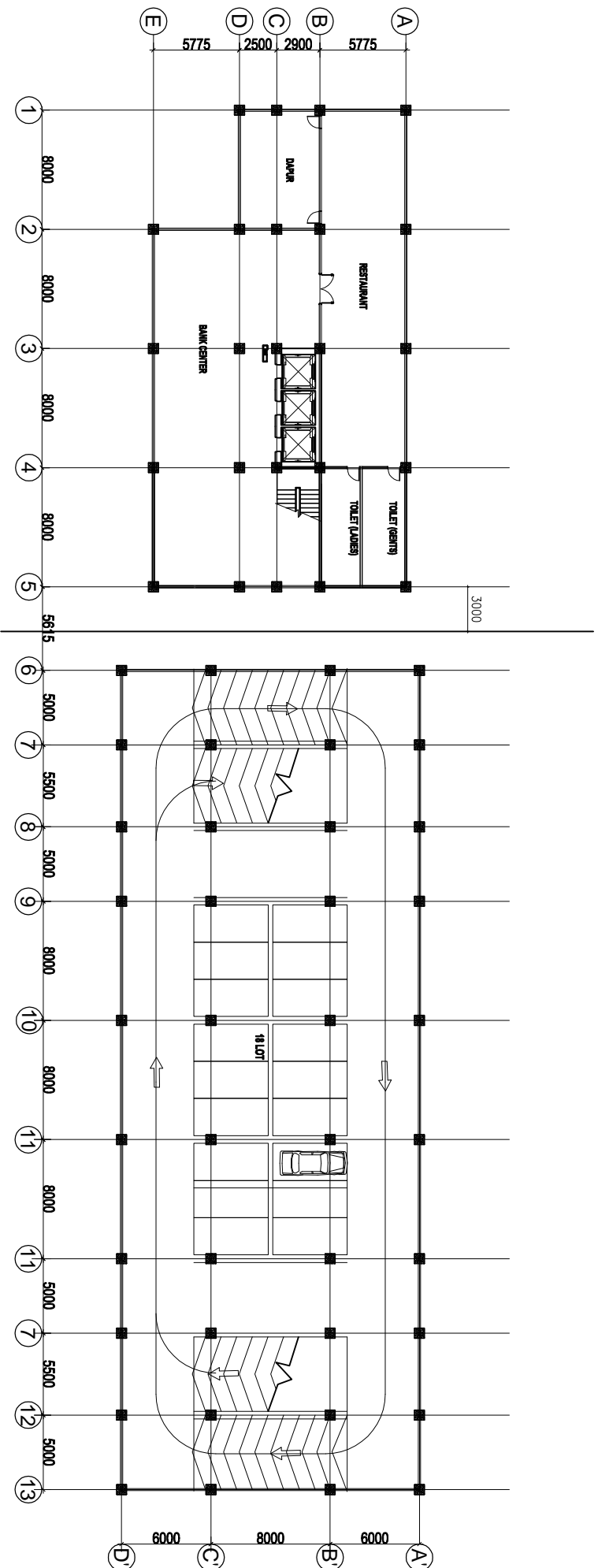
- Specification standard JIS & ASTM
- Material Standard SS 400, A36 & GR 50 A, B, C
- Bigger dimension will be produced, if there confirm before
- Semi Welding joint, partial penetration (AWS - D1.1 - 96 )



# DENAH LANTAI GROUND


SKALA 1:400

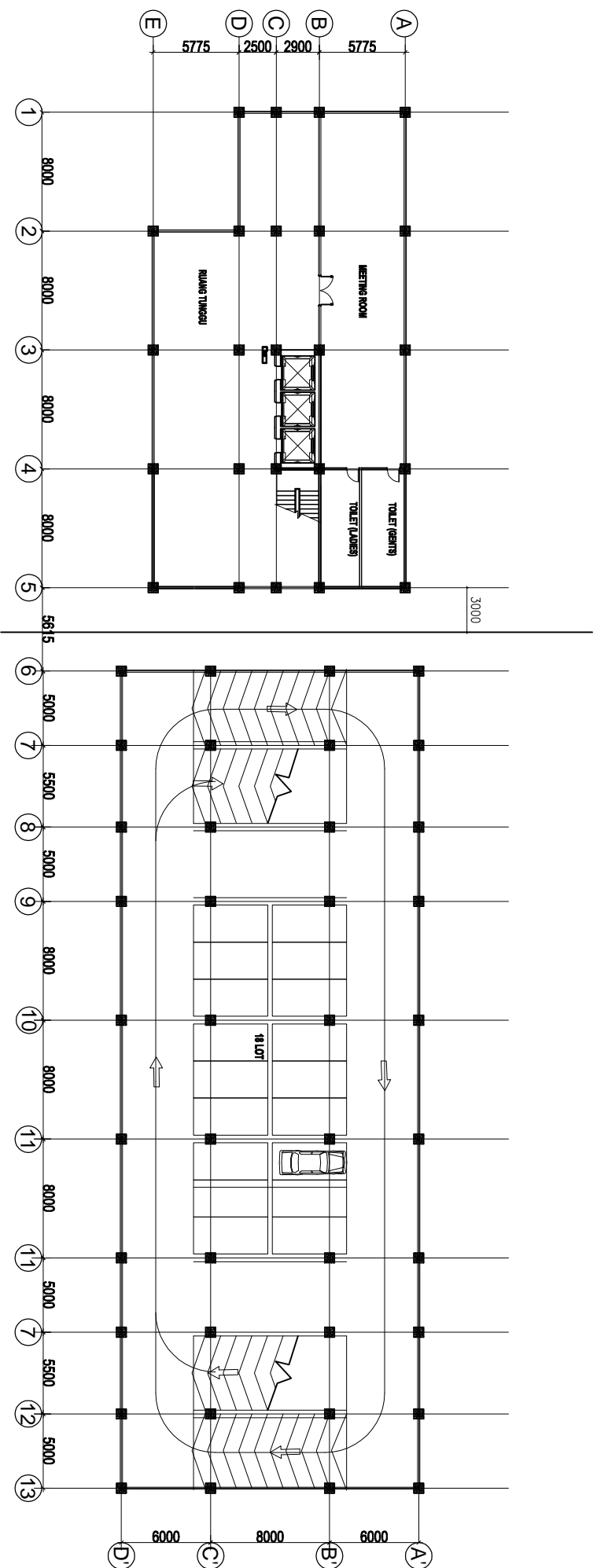
INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	MAHASISWA	DIPERIKSA	REVISI		
 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG OFFICE BILTON SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN BALOK OCTOGONAL CASTELLATED	DENAH LANTAI GROUND	1 : 400	ARLYNA KRISTYANTI NRP. 3115 105 064	Budi Susanto, ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 198902 1 002 R Sewardio, Ir., M.Sc. NIP. 1948130 197412 1 001			
						KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR
						ARS	01	26



# DENAH LANTAI 1

SKALA 1:400


INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	MAHASISWA	DIPERIKSA	REVISI						
<div><div><b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div></div>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG OFFICE BILTON SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN BALOK OCTAGONAL CASTELLATED	DENAH LANTAI 1	1 : 400	ARLYNA KRISTYANTI NRP. 3115 105 064	DOSEN PEMBIMBING : <div><div>Budi Susanto, ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 198902 1 002 R Sewardio, Ir., M.Sc. NIP. 19481130 197412 1 001</div></div>	<table><tr><td>KODE GBR</td><td>NO. GBR</td><td>JUMLAH LBR</td></tr><tr><td>ARS</td><td>02</td><td>26</td></tr></table>	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR	ARS	02	26
KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR										
ARS	02	26										

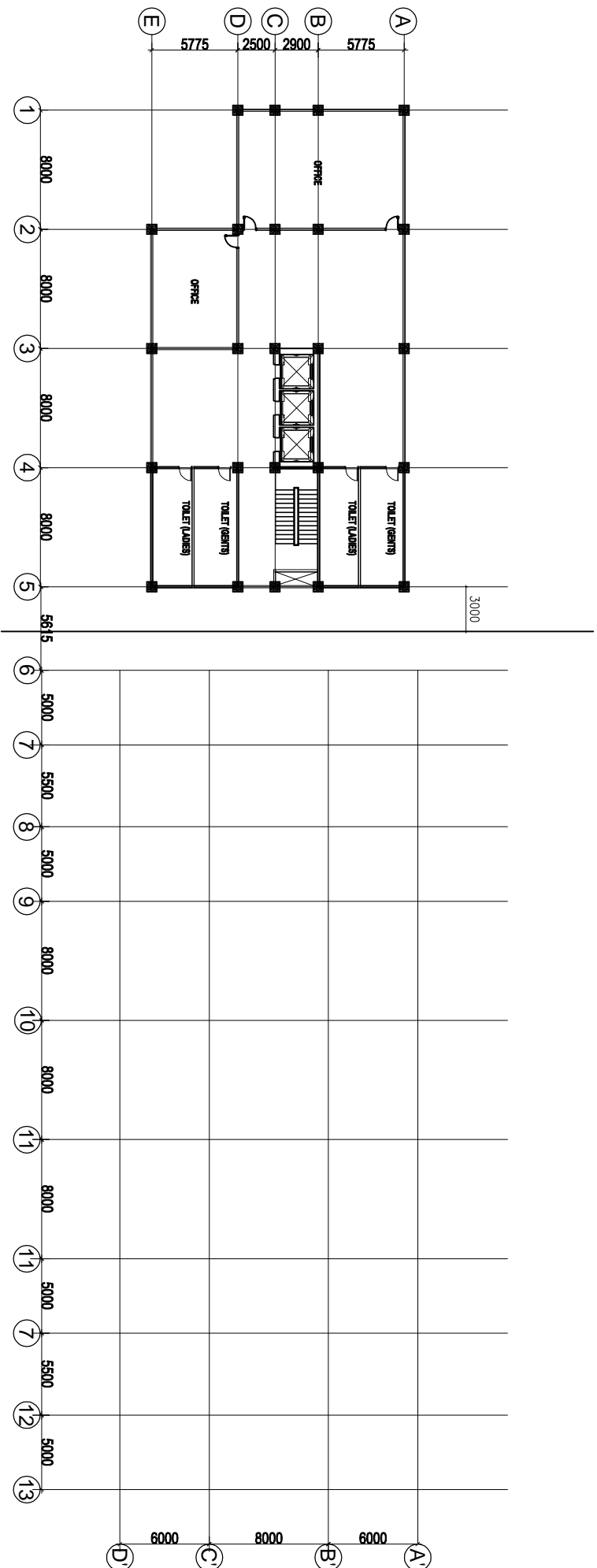


DENAH LANTAI 2-3 (TYPICAL)



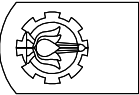
SKALA 1:400

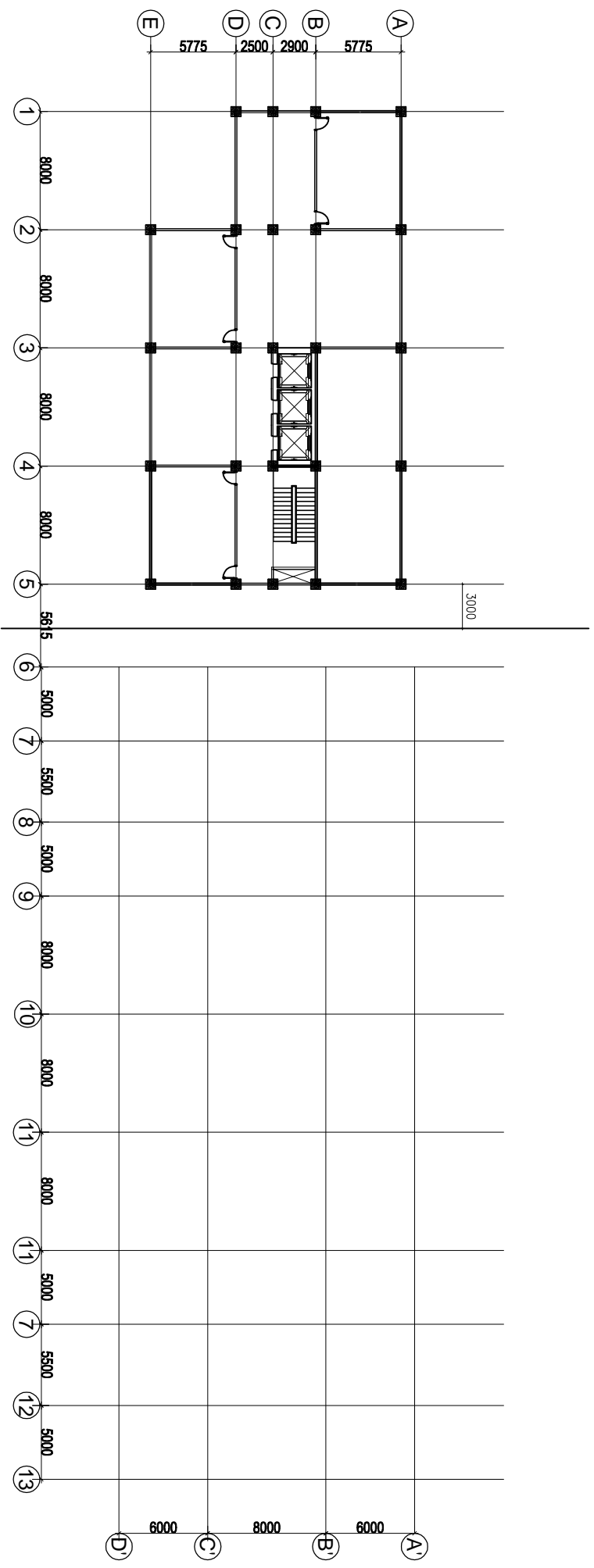
INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	MAHASISWA	DIPERIKSA	REVISI						
<div><div><b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div></div>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG OFFICE BILTON SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN BALOK OCTOGONAL CASTELLATED	DENAH LANTAI 2-3 (TYPICAL)	1 : 400	<u>ARLYNA KRISTYANTI</u> NRP. 3115 105 064	<b>DOSEN PEMBIMBING :</b>  <div><div>Budi Susanto, ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 198902 1 002 R Sewardio, Ir., M.Sc. NIP. 1948130 197412 1 001</div></div>	<table><tr><th>KODE GBR</th><th>NO. GBR</th><th>JUMLAH LBR</th></tr><tr><td>ARS</td><td>03</td><td>26</td></tr></table>	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR	ARS	03	26
KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR										
ARS	03	26										




# DENAH LANTAI 4-20 (TYPICAL)


SKALA 1:400


INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	MAHASISWA	DIPERIKSA	REVISI		
 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG OFFICE BILTON SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN BALOK OCTAGONAL CASTELLATED	DENAH LANTAI 4-20 (TYPICAL)	1 : 400	ARLYNA KRISTYANTI NRP. 3115 105 064	Budi Susanto, ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 198902 1 002 R Sewardono, Ir., M.Sc. NIP. 1948130 197412 1 001	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR
						ARS	04	26





## DENAH LANTAI 21


<div><p><b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember</p></div>	<p><b>JUDUL TUGAS AKHIR</b></p> <p><b>MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG OFFICE BILTON SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN BALOK OCTOGONAL CASTELLATED</b></p>	<p><b>JUDUL GAMBAR</b></p> <p>DENAH LANTAI 21</p>	<p><b>SKALA</b></p> <p>1 : 400</p>	<p><b>MAHASISWA</b></p> <p><u>ARLYNA KRISTYANTI</u> NRP. 3115 105 064</p>	<p><b>DIPERIKSA</b></p> <p><b>DOSEN PEMBIMBING :</b></p> <div><div>Budi Susanto, ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 198902 1 002 R Sowardjo, Ir. M.Sc. NIP. 19461130 197412 1 001</div><table><tr><td><b>KODE GBR</b></td><td><b>NO. GBR</b></td><td><b>JUMLAH LBR</b></td></tr><tr><td>ARS</td><td>05</td><td>26</td></tr></table></div>	<b>KODE GBR</b>	<b>NO. GBR</b>	<b>JUMLAH LBR</b>	ARS	05	26
<b>KODE GBR</b>	<b>NO. GBR</b>	<b>JUMLAH LBR</b>									
ARS	05	26									


<div><p><b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember</p></div>	<p><b>JUDUL TUGAS AKHIR</b></p> <p><b>MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG OFFICE BILTON SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN BALOK OCTOGONAL CASTELLATED</b></p>	<p><b>JUDUL GAMBAR</b></p> <p>DENAH LANTAI 21</p>	<p><b>SKALA</b></p> <p>1 : 400</p>	<p><b>MAHASISWA</b></p> <p><u>ARLYNA KRISTYANTI</u> NRP. 3115 105 064</p>	<p><b>DIPERIKSA</b></p> <p><b>DOSEN PEMBIMBING :</b></p> <div><div>Budi Susanto, ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 198902 1 002 R Sowardjo, Ir. M.Sc. NIP. 19461130 197412 1 001</div><table><tr><td><b>KODE GBR</b></td><td><b>NO. GBR</b></td><td><b>JUMLAH LBR</b></td></tr><tr><td>ARS</td><td>05</td><td>26</td></tr></table></div>	<b>KODE GBR</b>	<b>NO. GBR</b>	<b>JUMLAH LBR</b>	ARS	05	26
<b>KODE GBR</b>	<b>NO. GBR</b>	<b>JUMLAH LBR</b>									
ARS	05	26									

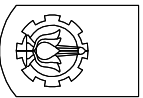
<div><p><b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember</p></div>	<p><b>JUDUL TUGAS AKHIR</b></p> <p><b>MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG OFFICE BILTON SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN BALOK OCTOGONAL CASTELLATED</b></p>	<p><b>JUDUL GAMBAR</b></p> <p>DENAH LANTAI 21</p>	<p><b>SKALA</b></p> <p>1 : 400</p>	<p><b>MAHASISWA</b></p> <p><u>ARLYNA KRISTYANTI</u> NRP. 3115 105 064</p>	<p><b>DIPERIKSA</b></p> <p><b>DOSEN PEMBIMBING :</b></p> <div><div>Budi Susanto, ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 198902 1 002 R Sowardjo, Ir. M.Sc. NIP. 19461130 197412 1 001</div><table><tr><td><b>KODE GBR</b></td><td><b>NO. GBR</b></td><td><b>JUMLAH LBR</b></td></tr><tr><td>ARS</td><td>05</td><td>26</td></tr></table></div>	<b>KODE GBR</b>	<b>NO. GBR</b>	<b>JUMLAH LBR</b>	ARS	05	26
<b>KODE GBR</b>	<b>NO. GBR</b>	<b>JUMLAH LBR</b>									
ARS	05	26									

<div><p><b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember</p></div>	<p><b>JUDUL TUGAS AKHIR</b></p> <p><b>MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG OFFICE BILTON SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN BALOK OCTOGONAL CASTELLATED</b></p>	<p><b>JUDUL GAMBAR</b></p> <p>DENAH LANTAI 21</p>	<p><b>SKALA</b></p> <p>1 : 400</p>	<p><b>MAHASISWA</b></p> <p><u>ARLYNA KRISTYANTI</u> NRP. 3115 105 064</p>	<p><b>DIPERIKSA</b></p> <p><b>DOSEN PEMBIMBING :</b></p> <div><div>Budi Susanto, ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 198902 1 002 R Sowardjo, Ir. M.Sc. NIP. 19461130 197412 1 001</div><table><tr><td><b>KODE GBR</b></td><td><b>NO. GBR</b></td><td><b>JUMLAH LBR</b></td></tr><tr><td>ARS</td><td>05</td><td>26</td></tr></table></div>	<b>KODE GBR</b>	<b>NO. GBR</b>	<b>JUMLAH LBR</b>	ARS	05	26
<b>KODE GBR</b>	<b>NO. GBR</b>	<b>JUMLAH LBR</b>									
ARS	05	26									

<div><p><b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember</p></div>	<p><b>JUDUL TUGAS AKHIR</b></p> <p><b>MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG OFFICE BILTON SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN BALOK OCTOGONAL CASTELLATED</b></p>	<p><b>JUDUL GAMBAR</b></p> <p>DENAH LANTAI 21</p>	<p><b>SKALA</b></p> <p>1 : 400</p>	<p><b>MAHASISWA</b></p> <p><u>ARLYNA KRISTYANTI</u> NRP. 3115 105 064</p>	<p><b>DIPERIKSA</b></p> <p><b>DOSEN PEMBIMBING :</b></p> <div><div>Budi Susanto, ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 198902 1 002 R Sowardjo, Ir. M.Sc. NIP. 19461130 197412 1 001</div><table><tr><td><b>KODE GBR</b></td><td><b>NO. GBR</b></td><td><b>JUMLAH LBR</b></td></tr><tr><td>ARS</td><td>05</td><td>26</td></tr></table></div>	<b>KODE GBR</b>	<b>NO. GBR</b>	<b>JUMLAH LBR</b>	ARS	05	26
<b>KODE GBR</b>	<b>NO. GBR</b>	<b>JUMLAH LBR</b>									
ARS	05	26									

<div><p><b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember</p></div>	<p><b>JUDUL TUGAS AKHIR</b></p> <p><b>MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG OFFICE BILTON SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN BALOK OCTOGONAL CASTELLATED</b></p>	<p><b>JUDUL GAMBAR</b></p> <p>DENAH LANTAI 21</p>	<p><b>SKALA</b></p> <p>1 : 400</p>	<p><b>MAHASISWA</b></p> <p><u>ARLYNA KRISTYANTI</u> NRP. 3115 105 064</p>	<p><b>DIPERIKSA</b></p> <p><b>DOSEN PEMBIMBING :</b></p> <div><div>Budi Susanto, ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 198902 1 002 R Sowardjo, Ir. M.Sc. NIP. 19461130 197412 1 001</div><table><tr><td><b>KODE GBR</b></td><td><b>NO. GBR</b></td><td><b>JUMLAH LBR</b></td></tr><tr><td>ARS</td><td>05</td><td>26</td></tr></table></div>	<b>KODE GBR</b>	<b>NO. GBR</b>	<b>JUMLAH LBR</b>	ARS	05	26
<b>KODE GBR</b>	<b>NO. GBR</b>	<b>JUMLAH LBR</b>									
ARS	05	26									

<div><p><b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember</p></div>	<p><b>JUDUL TUGAS AKHIR</b></p> <p><b>MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG OFFICE BILTON SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN BALOK OCTOGONAL CASTELLATED</b></p>	<p><b>JUDUL GAMBAR</b></p> <p>DENAH LANTAI 21</p>	<p><b>SKALA</b></p> <p>1 : 400</p>	<p><b>MAHASISWA</b></p> <p><u>ARLYNA KRISTYANTI</u> NRP. 3115 105 064</p>	<p><b>DIPERIKSA</b></p> <p><b>DOSEN PEMBIMBING :</b></p> <div><div>Budi Susanto, ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 198902 1 002 R Sowardjo, Ir. M.Sc. NIP. 19461130 197412 1 001</div><table><tr><td><b>KODE GBR</b></td><td><b>NO. GBR</b></td><td><b>JUMLAH LBR</b></td></tr><tr><td>ARS</td><td>05</td><td>26</td></tr></table></div>	<b>KODE GBR</b>	<b>NO. GBR</b>	<b>JUMLAH LBR</b>	ARS	05	26
<b>KODE GBR</b>	<b>NO. GBR</b>	<b>JUMLAH LBR</b>									
ARS	05	26									



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
OFFICE BILTON SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN  
KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE  
(RCFT)  
DAN BALOK OCTAGONAL CASTELLATED

DENAH LANTAI 21

1:400

**ARLYNA KRISTYANTI**  
**NRP. 3115 105 064**

**Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.**  
NIP. 19730128 199802 1 002  
**R Soewardjo, Ir., M.Sc.**  
NIP. 19481130 197412 1 001

KODE GBR

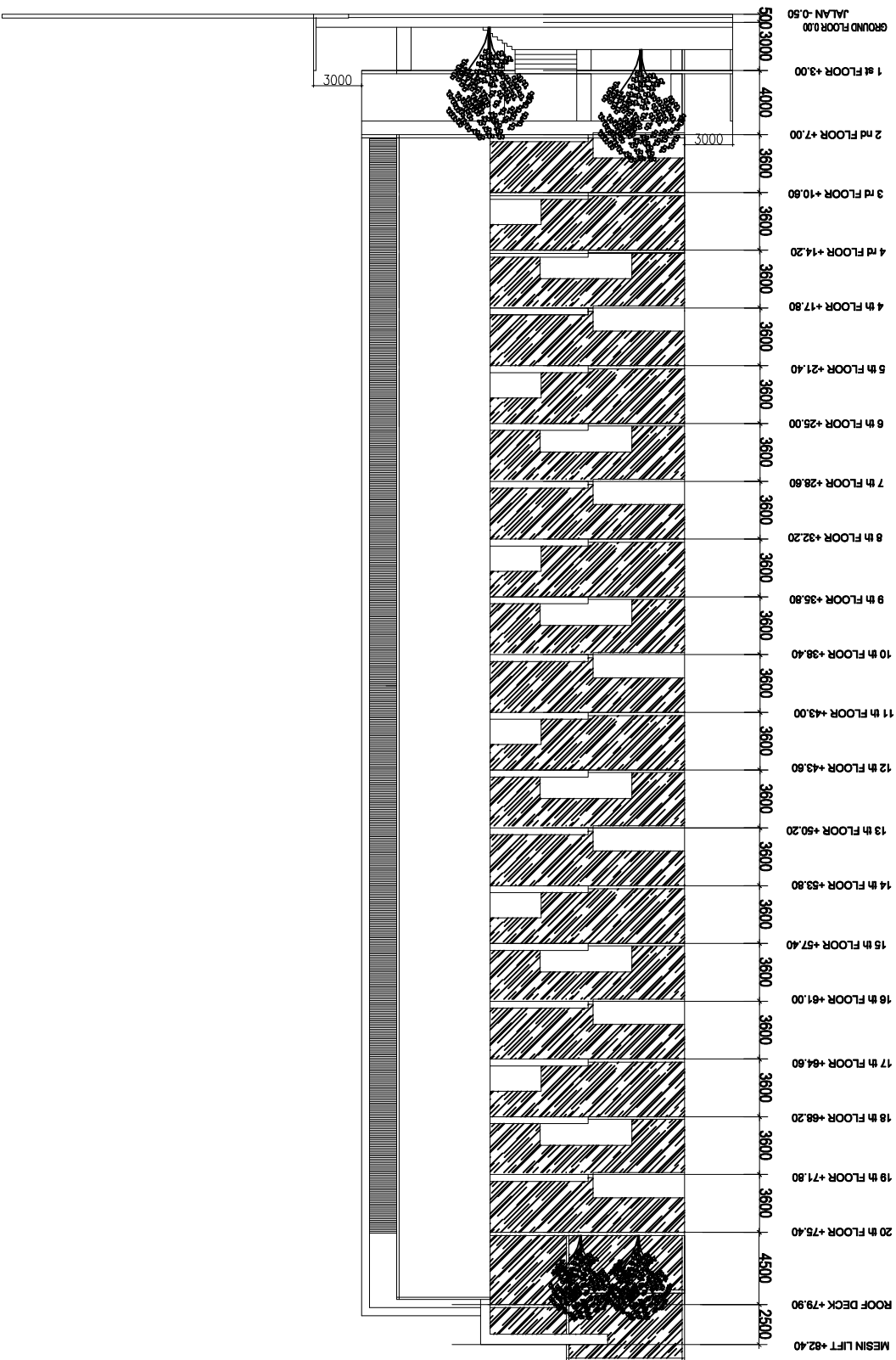
NO. GBR

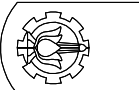
Jumlah LBR

ARS

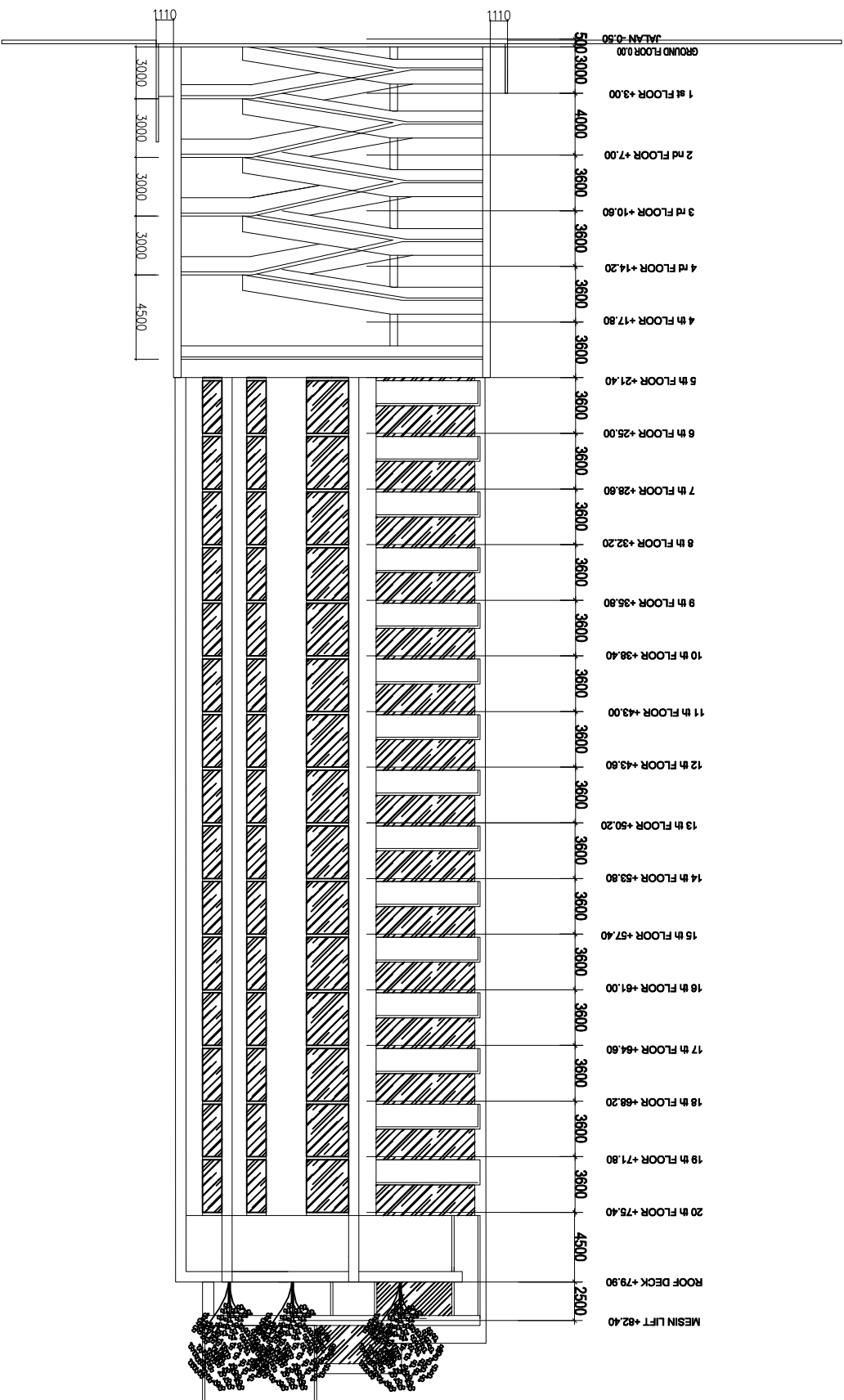
05

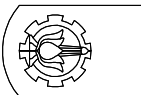
26

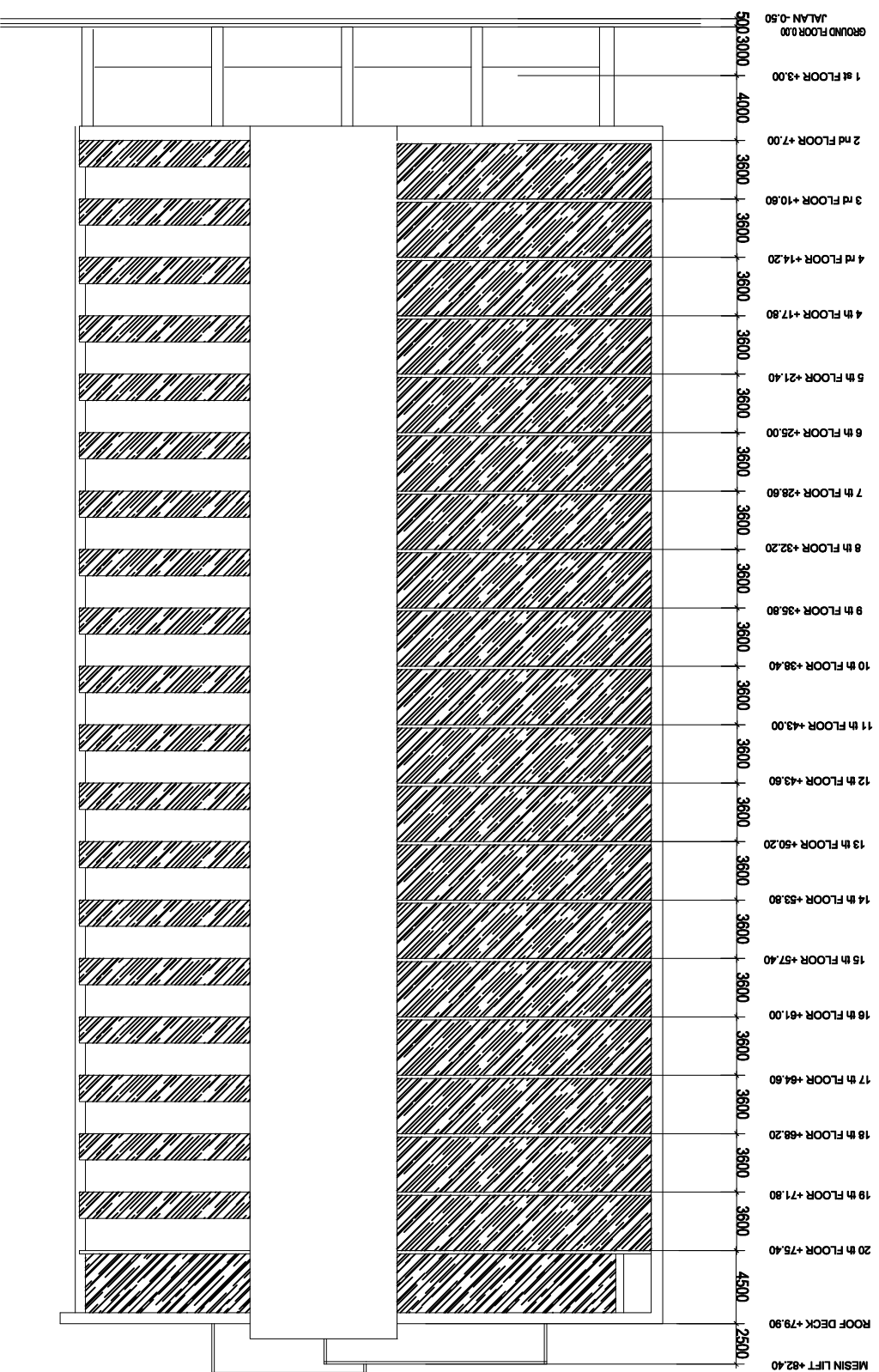



INSTITUT / UNIVERSITAS		JUDUL TUGAS AKHIR		JUDUL GAMBAR		SKALA	MAHASISWA	DIPERIKSA		REVISI		
 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember		MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG OFFICE BILTON SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN BALOK OCTAGONAL CASTELLATED		TAMPAK DEPAN		1 : 400	ARLYNA KRISTYANTI NRP. 3115 105 064	Budi Susanto, ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 198802 1 002 R Sewardono, Ir., M.Sc. NIP. 19481130 197412 1 001				
										KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR
										ARS	06	26





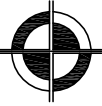
INSTITUT / UNIVERSITAS		JUDUL TUGAS AKHIR		JUDUL GAMBAR		SKALA	MAHASISWA		DIPERIKSA		REVISI		
 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember		MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG OFFICE BILTON SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN BALOK OCTAGONAL CASTELLATED		TAMPAK BELAKANG		1 : 400	ARLYNA KRISTYANTI NRP. 3115 105 064		Budi Susanto, ST., MT., Ph.D. NIP. 19730128 199802 1 002 R. Sewardito, Ir., M.Sc. NIP. 19481130 197412 1 001				
											KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR
											ARS	07	26



<div><div><b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div></div>	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	MAHASISWA	DIPERIKSA	REVISI		
MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG OFFICE BILTON SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN BALOK OCTOGONAL CASTELLATED	TAMPAK SAMPAING KIRI	1 : 400	ARLYNA KRISTYANTI NRP. 3115 105 064	DOSEN PEMBIMBING :				
	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR					
	ARS	08	26					







**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
OFFICE BILITON SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN  
KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE  
(RCFT)  
DAN BALOK OCTOGONAL CASTELATED

POTONGAN B-B

1 : 400

**ARLYNA KRISTYANTI**  
**NRP. 3115 105 064**

**Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D**  
**NIP. 19730128 199802 1 002**  
**R Soewardjo, Ir., M.Sc.**  
**NIP. 19481130 197412 1 001**

**KODE GBR**

**NO. GBR**

**JUMLAH LBR**

**INSTITUT / UNIVERSITAS**

## JUDUL TUGAS AKHIR

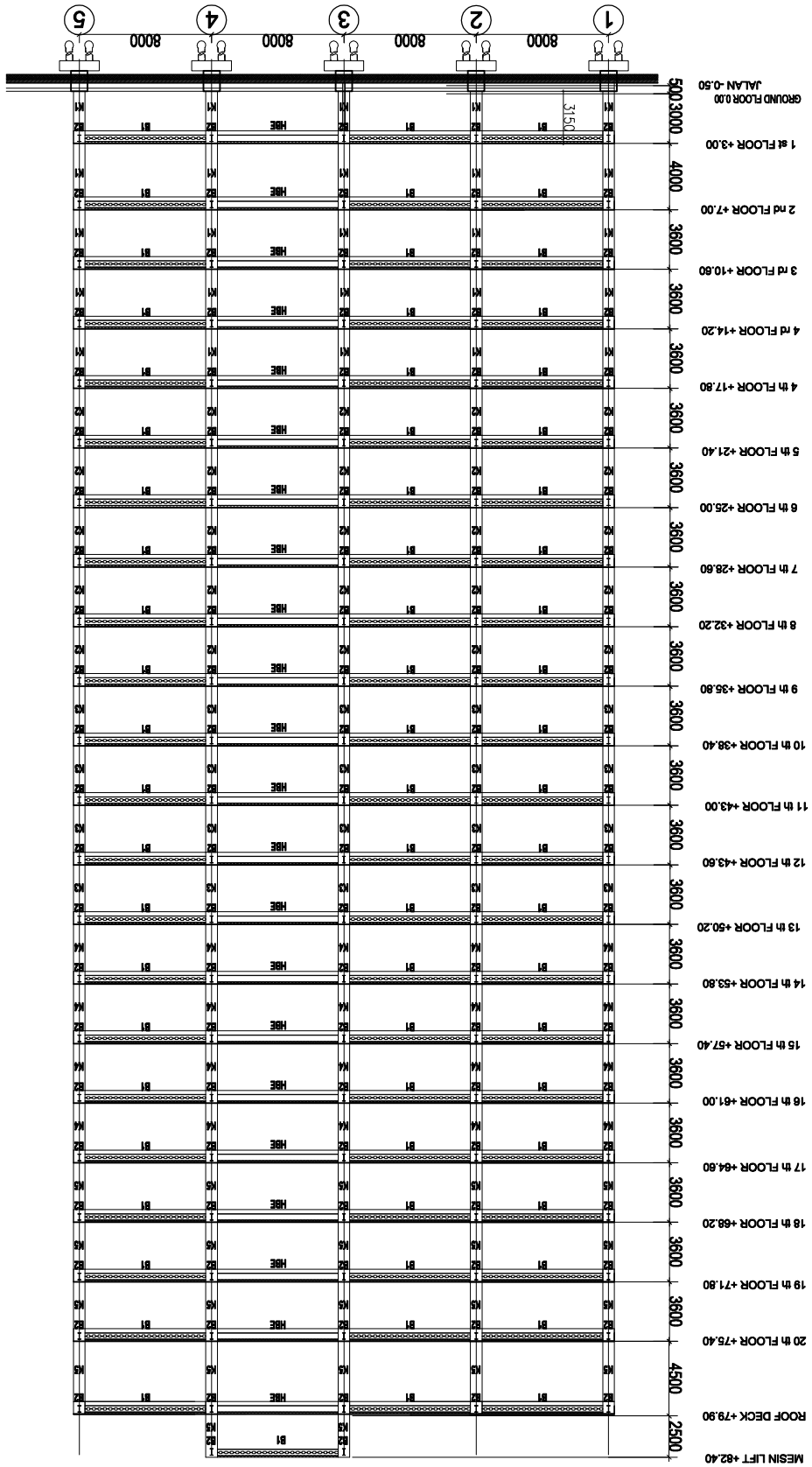
**JUDUL GAMBAR**

**SKALA**

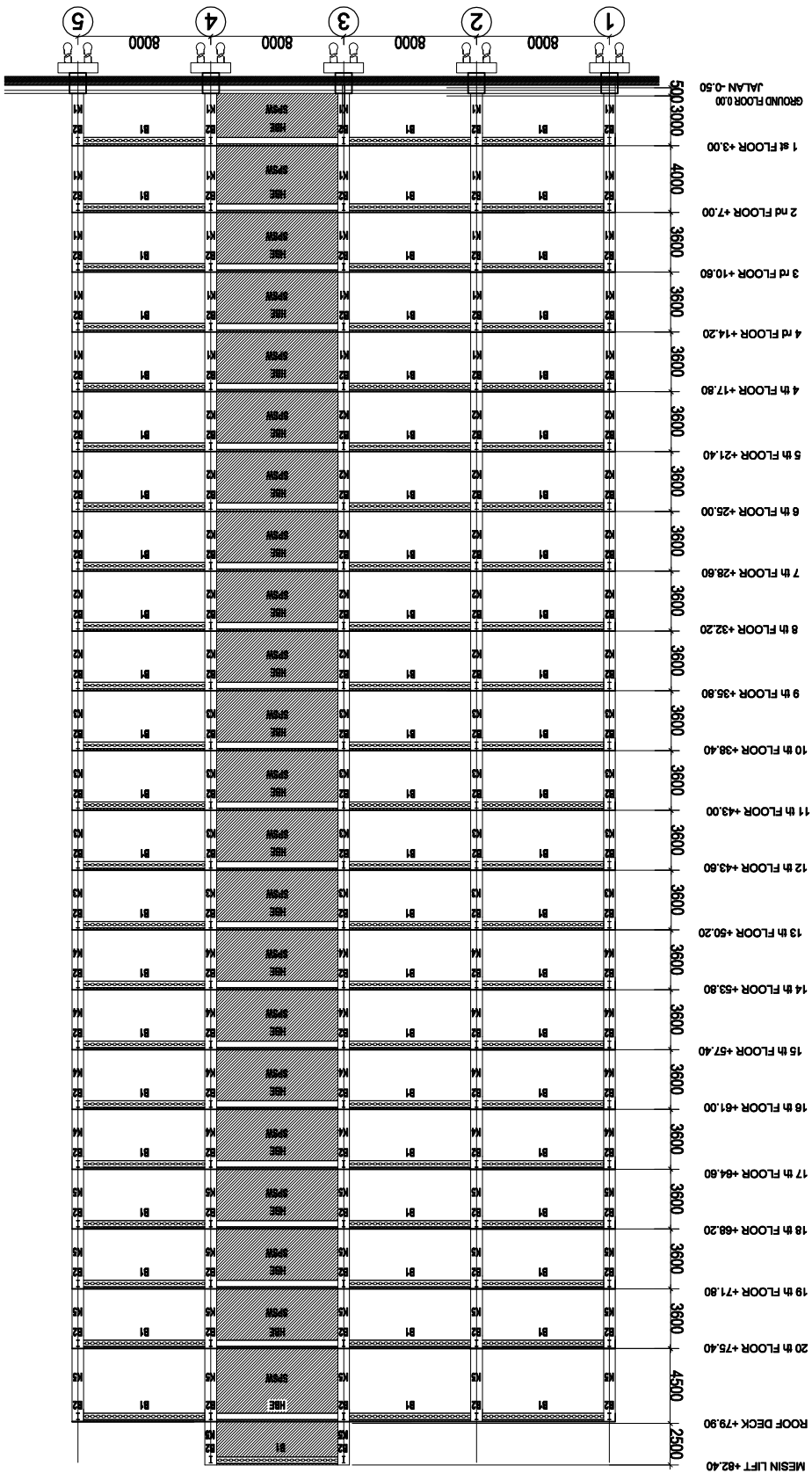
**MAHASISWA**

**DIPERIKSA**

# REVISI



SFSMS		T = 4 MM
B2	(L18-14)	CB 627.5, 300.10.15
	(L15-21)	CB 562.5, 300.9.14
	(L1-17)	CB 710.200.10.16
	(A1P)	CB 495.250.8.12
B1	(L18-14)	CB 710.200.10.16
	(L15-21)	CB 627.5, 300.10.15
	(L1-17)	CB 712.5, 300.11.15
	HBE	WF 500.300.11.15
NONI	K5, VBE5	HSS 500.500.22.22
	K4, VBE4	HSS 550.550.22.22
	K3, VBE3	HSS 600.600.22.22
	K2, VBE2	HSS 650.650.22.22
KETERANGAN	K1, VBE1	HSS 700.700.22.22



NOTASI	KETERANGAN
K1, VB1	HSS 700.700.22.22
K2, VB2	HSS 650.650.22.22
K3, VB3	HSS 600.600.22.22
K4, VB4	HSS 550.550.22.22
K5, VB5	HSS 500.500.22.22
HB1	WF 500.300.11.15
B1 (LT. 1-7)	CB 712.5.300.11.15
B1 (LT. 8-14)	CB 710.200.10.16
B1 (LT. 15-21)	CB 627.5.300.10.15
HB2	WF 495.250.8.12
B2 (LT. 1-7)	CB 495.250.8.12
B2 (LT. 8-14)	CB 710.200.10.16
B2 (LT. 15-21)	CB 627.5.300.10.15
(LT. 15-21)	CB 562.5.300.9.14
(ATAP)	CB 432.5.200.9.14
SFSW	T = 4 MM

INSTITUT / UNIVERSITAS

JUDUL TUGAS AKHIR

JUDUL GAMBAR

SKALA

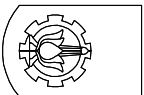
MAHASISWA

DIPERIKSA

REVISI

SKALA 1:400

PORTAL ASD



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
OFFICE BILTON SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN  
KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE  
(RCFT)  
DAN BALOK OCTAGONAL CASTELLATED

PORTAL ASD

1 : 400

ARLYA KRISTYANTI  
NRP. 3115 105 064

Budi Susanto, ST., MT., PhD  
NIP. 19730128 198802 1 002  
R. Sewardjo, Ir., M.Sc.  
NIP. 19481130 197412 1 001

KODE GBR

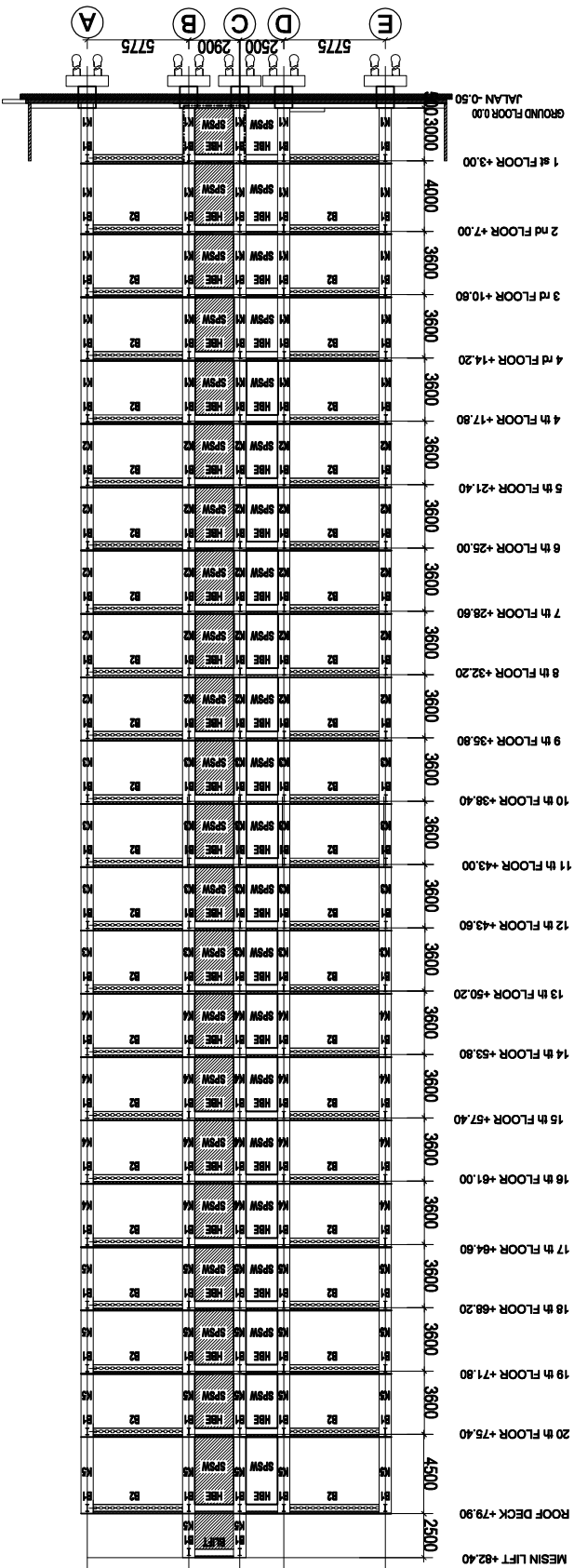
NO. GBR

JUMLAH LBR

STR

12

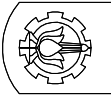
26



SPSW	NOTASI
(ATAP)	KETERANGAN
(LT, 15-21)	K1, VBE1
(LT, 8-14)	K2, VBE2
(LT, 1-7)	K3, VBE3
(LT, 15-21)	K4, VBE4
(LT, 8-14)	K5, VBE5
(LT, 1-7)	HBE
(LT, 15-21)	WF 500.300.11.15
(LT, 8-14)	HSS 500.500.22.22
(LT, 1-7)	HSS 550.550.22.22
(LT, 15-21)	HSS 600.600.22.22
(LT, 8-14)	HSS 650.650.22.22
(LT, 1-7)	HSS 700.700.22.22
(LT, 15-21)	HSS 712.5.300.11.15
(LT, 8-14)	CB 710.200.10.16
(LT, 1-7)	CB 627.5.300.10.15
(LT, 15-21)	CB 562.5.300.9.14
(LT, 8-14)	CB 432.5.200.9.14
(LT, 1-7)	T = 4 MM

SKALA 1:400

PORTAL AS 5



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
OFFICE BILTON SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN  
KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE  
(RCFT)  
DAN BALOK OCTAGONAL CASTELLATED**

PORTAL AS 5

1 : 400

**ARLYNA KRISTYANTI**  
NRP. 3115 105 064

**Dosen Pembimbing :**  
Budi Susanto, ST., MT., PhD  
NIP. 19730128 198802 1 002  
R. Sewardjo, Ir., M.Sc.  
NIP. 1948130 197412 1 001

INSTITUT / UNIVERSITAS

JUDUL TUGAS AKHIR

JUDUL GAMBAR

SKALA

MAHASISWA

DIPERIKSA

REVISI

KODE GBR

NO. GBR

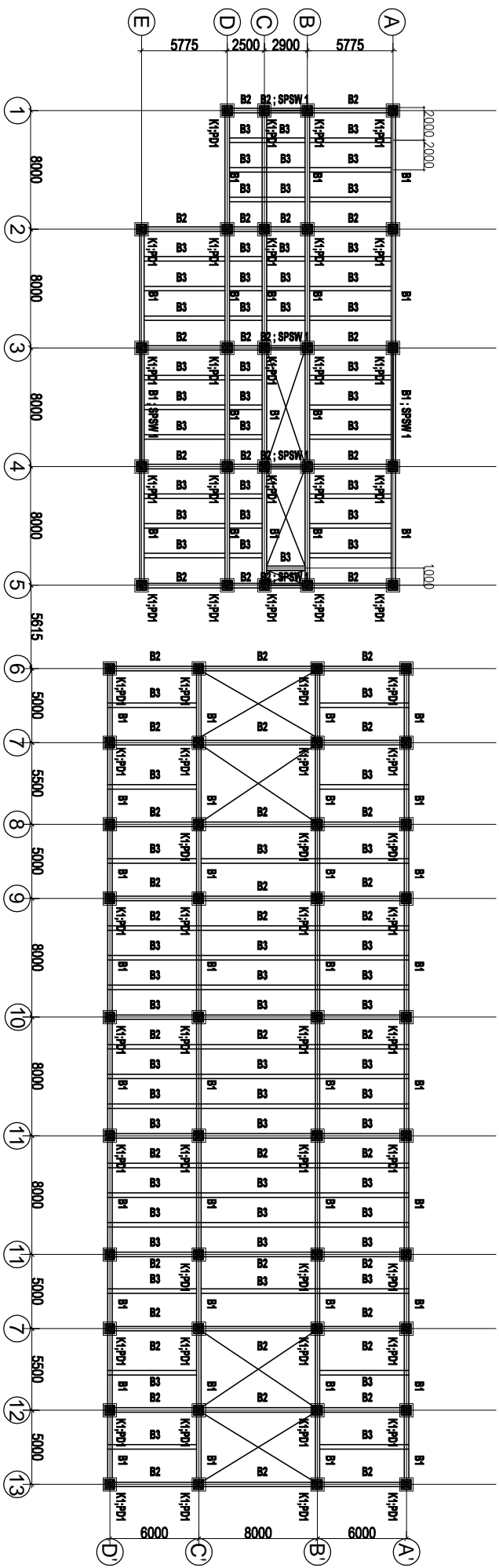
JUMLAH LBR

STR

13


26

NOTASI		KETERANGAN
K1, VBET		HSS 700.700.22.22
HBE		WF 300.300.11.15
B1 (LT. 1-7)		CB 712.5.300.11.15
B2 (LT. 1-7)		CB 710.200.10.16
SPSW		T = 4MM



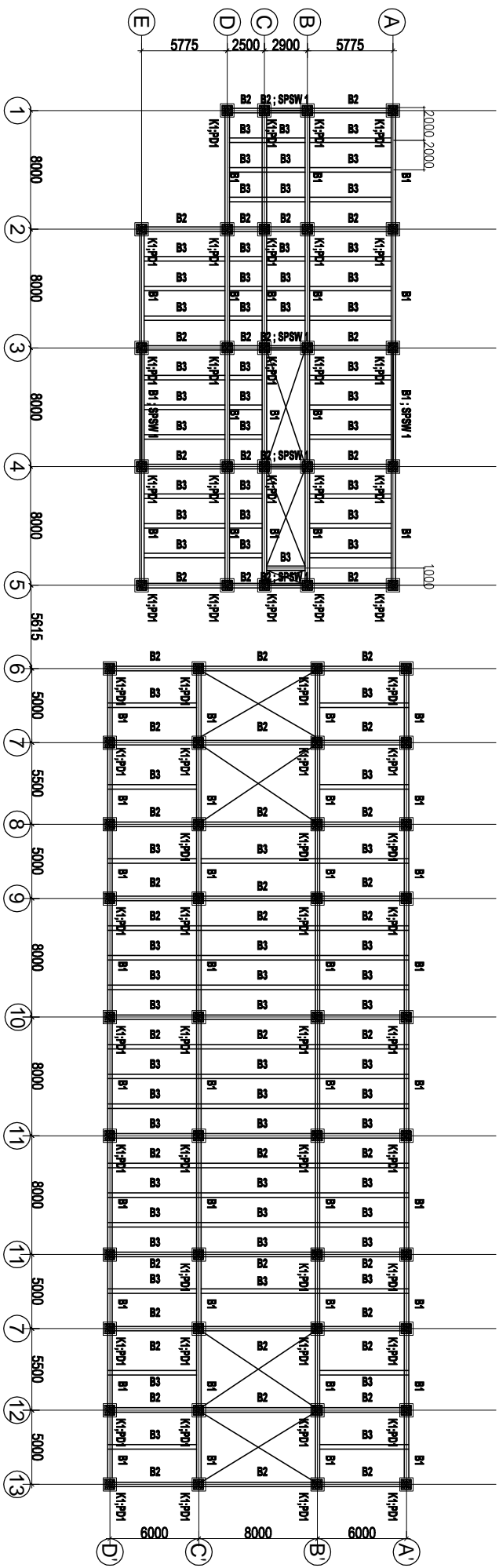
# DENAH BALOK LANTAI 1

SKALA 1:400

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	MAHASISWA	DIPERIKSA	REVISI						
<div><div><b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div></div>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG OFFICE BILTON SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN BALOK OCTOGONAL CASTELLATED	DENAH BALOK LANTAI 1	1 : 400	<u>ARLYNA KRISTYANTI</u> NRP. 3115 105 064	DOSEN PEMBIMBING :  <div><div>Budi Susanto, ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 199802 1 002 R Sewardoko, Ir., M.Sc. NIP. 1948130 197412 1 001</div></div>	<table><tr><th>KODE GBR</th><th>NO. GBR</th><th>JUMLAH LBR</th></tr><tr><td>STR</td><td>14</td><td>26</td></tr></table>	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR	STR	14	26
KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR										
STR	14	26										




NOTASI		KETERANGAN
K1, VBET		HSS 700.700.22.22
HBE		WF 300.300.11.15
B1 (LT. 1-7)		CB 712.5.300.11.15
B2 (LT. 1-7)		CB 710.200.10.16
SPSW		T = 4MM

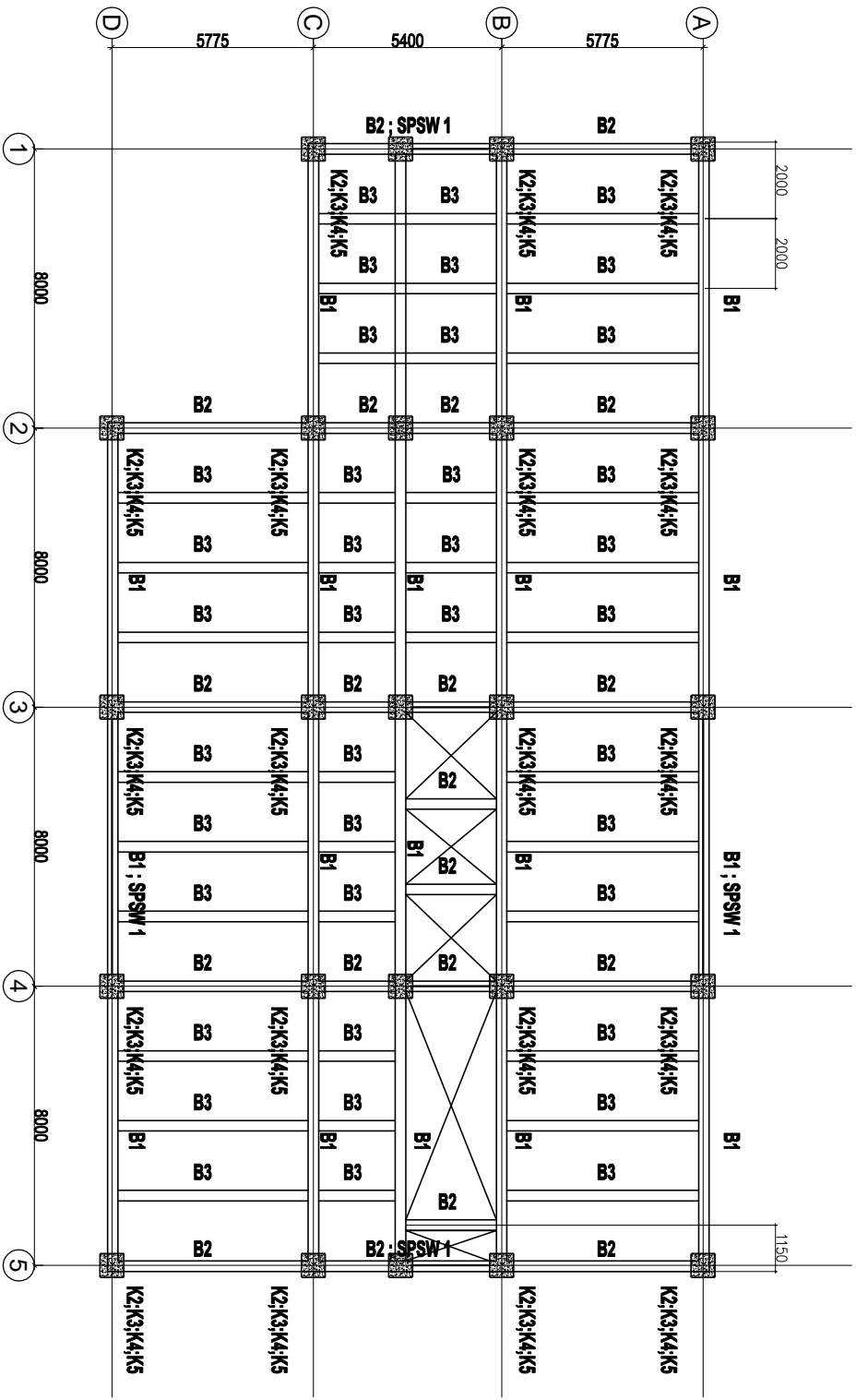


# DENAH BALOK LANTAI 2-3 (TYPICAL)


SKALA 1:400

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	MAHASISWA	DIPERIKSA	REVISI						
<div><b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG OFFICE BILTON SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN BALOK OCTOGONAL CASTELLATED	DENAH BALOK LANTAI 2-3 (TYPICAL)	1 : 400	<u>ARLYNA KRISTYANTI</u> NRP. 3115 105 064	DOSEN PEMBIMBING :  <div><div>Budi Susanto, ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 199802 1 002 R Sewardoko, Ir., M.Sc. NIP. 1948130 197412 1 001</div><table><tr><td>KODE GBR</td><td>NO. GBR</td><td>JUMLAH LBR</td></tr><tr><td>STR</td><td>15</td><td>26</td></tr></table></div>	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR	STR	15	26	
KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR										
STR	15	26										

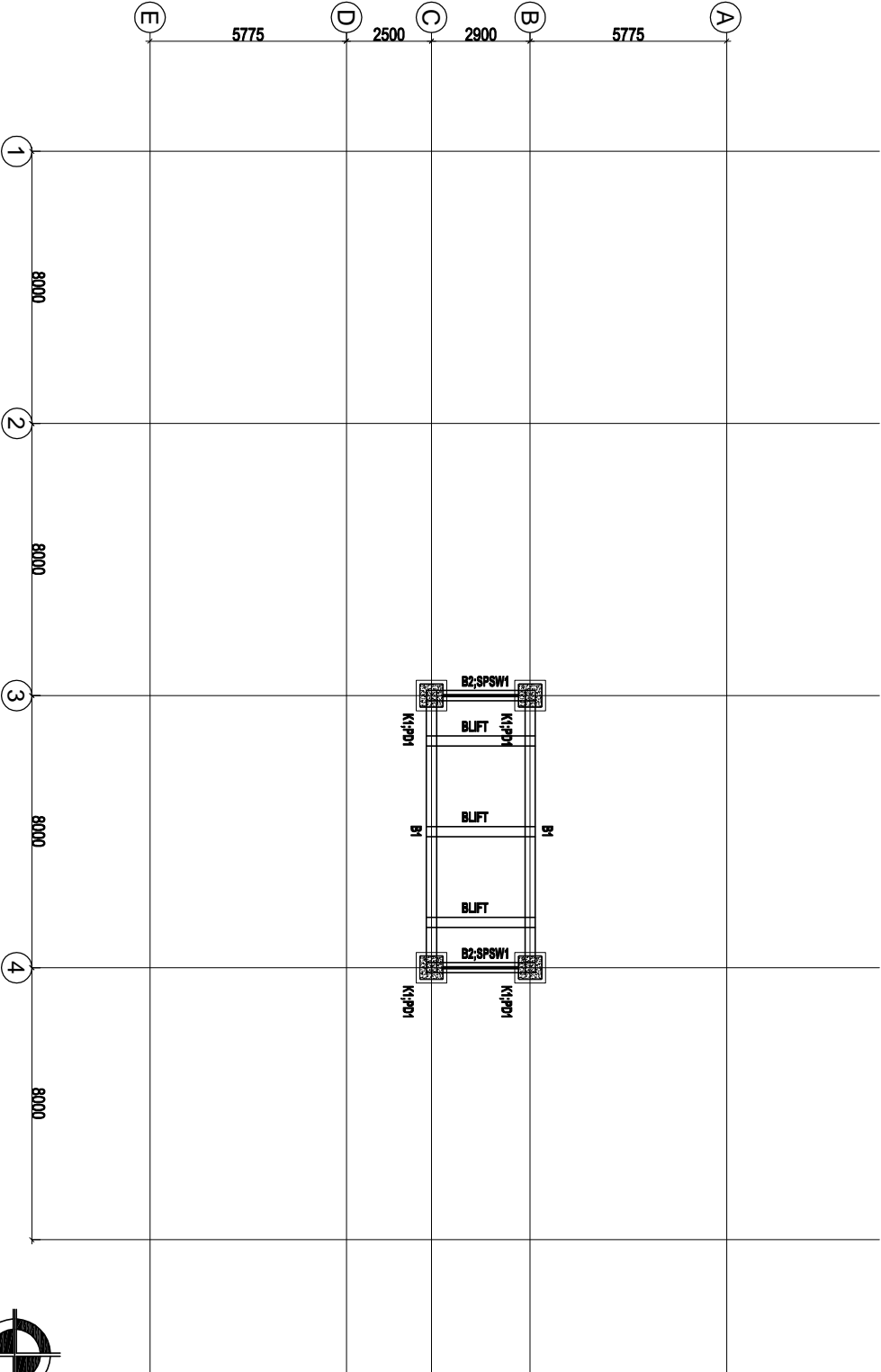
NOTASI	KETERANGAN
K1, VBE1	HSS 700.700.22.22
K2, VBE2	HSS 660.660.22.22
K3, VBE3	HSS 600.600.22.22
K4, VBE4	HSS 550.550.22.22
K5, VBE5	HSS 500.500.22.22
HBE	WF 500.300.11.15
B1 (LT 1-7)	CB 712.5.300.11.15
(LT 8-10)	CB 710.200.10.16
(LT 15-21)	CB 627.5.300.10.15
(ATAP)	CB 495.250.8.12
B2 (LT 1-7)	CB 710.200.10.16
(LT 8-10)	CB 627.5.300.10.15
(LT 15-21)	CB 562.5.300.9.14
(ATAP)	CB 432.5.200.9.14
SPSW	T = 4MM



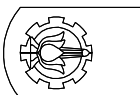
**DENAH BALOK LANTAI 4-20 (TYPICAL)**  
SKALA 1:400

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	MAHASISWA	DIPERIKSA	REVISI						
<div> <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG OFFICE BILTON SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN BALOK OCTOGONAL CASTELLATED	DENAH BALOK LANTAI 4-20 (TYPICAL)	1 : 400	ARLYNA KRISTYANTI NRP. 3115 105 064	Dosen Pembimbing : <div>Budi Susanto, ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 198002 1 002 R Sewardono, Ir., M.Sc. NIP. 19481130 197412 1 001</div>	<table><tr><td>KODE GBR</td><td>NO. GBR</td><td>JUMLAH LBR</td></tr><tr><td>STR</td><td>16</td><td>26</td></tr></table>	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR	STR	16	26
KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR										
STR	16	26										

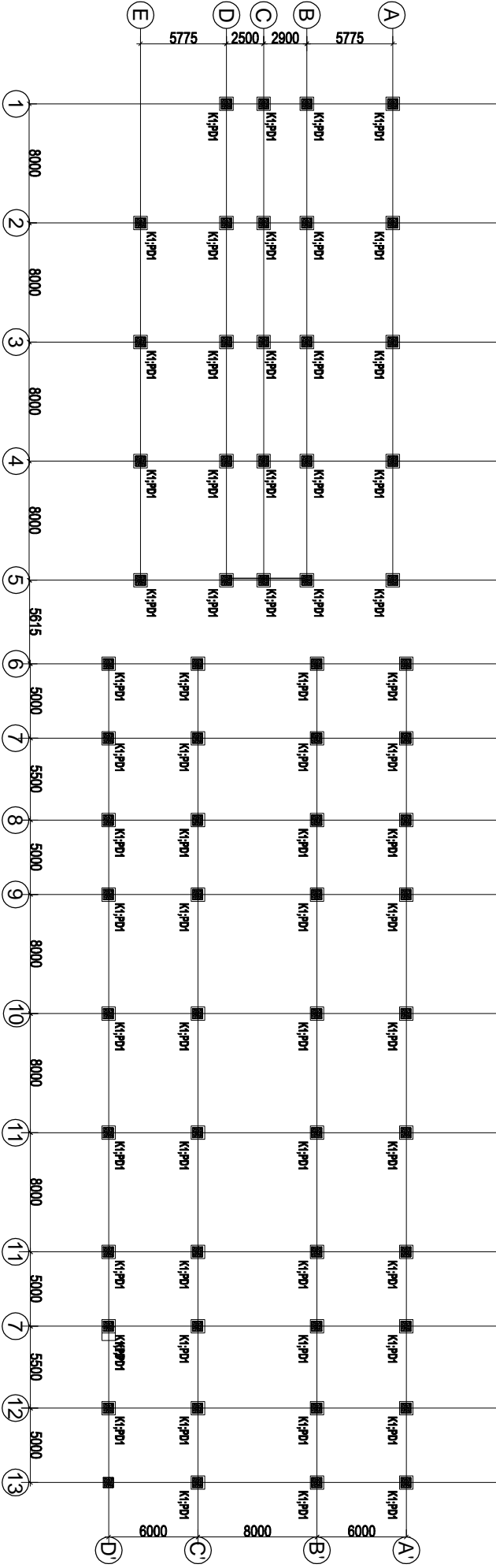
NOTASI	KETERANGAN
K1, VBET	HSS 700.700.22.22
HBE	WF 500.300.11.15
B1 (ATAP)	CB 495.2508.12
B2 (ATAP)	CB 432.5.2009.14
B, LIFT	WF 400.300.10.16
SPSW	T = 4MM



**DENAH BALOK LANTAI LIFT**  
SKALA 1:400

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	MAHASISWA	DIPERIKSA	REVISI						
<div><b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG OFFICE BILTON SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN BALOK OCTOGONAL CASTELLATED	DENAH BALOK LANTAI LIFT	1 : 400	ARLYNA KRISTYANTI NRP. 3115 105 064	DOSEN PEMBIMBING : <div><div>Budi Susanto, ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 198802 1 002 R Soenardono, Ir., M.Sc. NIP. 1948130 197412 1 001</div></div>	<table><tr><th>KODE GBR</th><th>NO. GBR</th><th>JUMLAH LBR</th></tr><tr><td>STR</td><td>17</td><td>26</td></tr></table>	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR	STR	17	26
KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR										
STR	17	26										


NOTASI	KETERANGAN
K1	HSS 700.700.22.22
PD1	Pedestal 1000 x 1000



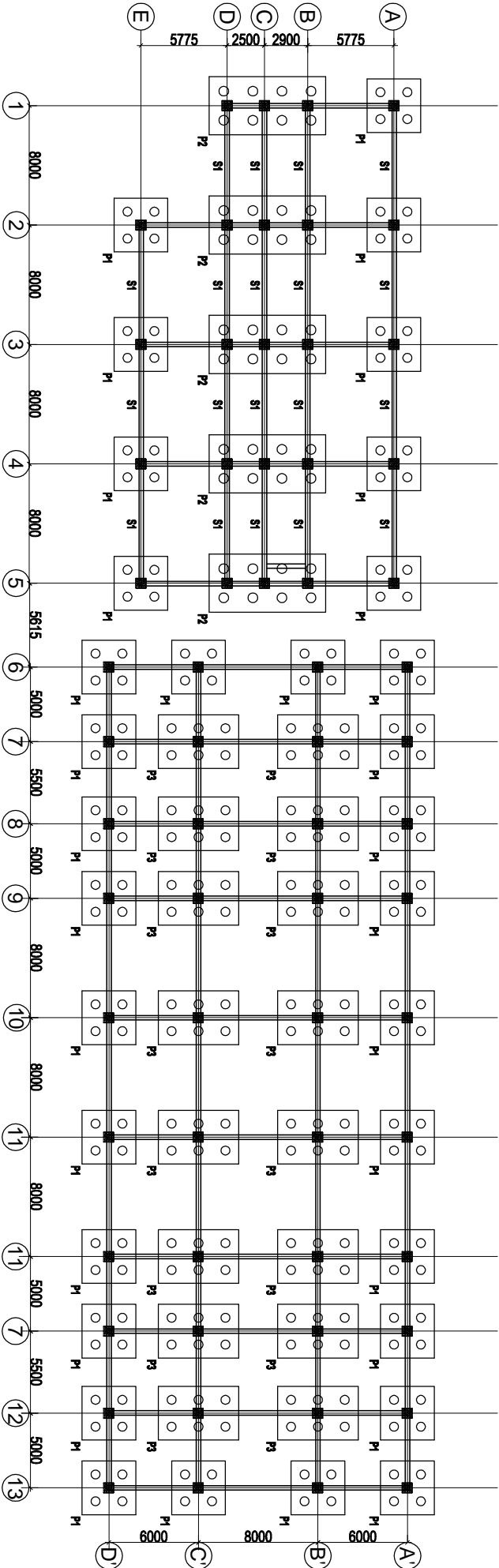


DENAH KOLOM DAN PEDESTAL

SKALA 1:400

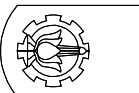
<div><div><div><div>ITS</div><div>Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div></div></div></div>	<div>JUDUL TUGAS AKHIR</div> <div>MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG OFFICE BILTON SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN BALOK OCTAGONAL CASTELLATED</div>	<div>JUDUL GAMBAR</div> <div>DENAH KOLOM DAN PEDESTAL</div>	<div>SKALA</div> <div>1 : 400</div>	<div>MAHASISWA</div> <div>ARLYNA KRISTYANTI NRP. 3115 105 064</div>	<div>DIPERIKSA</div> <div>DOSEN PEMBIMBING :</div> <div><div>Budi Susanto, ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 198802 1 002 R Sewardoko, Ir., M.Sc. NIP. 1948130 197412 1 001</div></div>	<div>REVISI</div> <table><thead><tr><th>KODE GBR</th><th>NO. GBR</th><th>JUMLAH LBR</th></tr></thead><tbody><tr><td>STR</td><td>18</td><td>26</td></tr></tbody></table>	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR	STR	18	26
KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR										
STR	18	26										

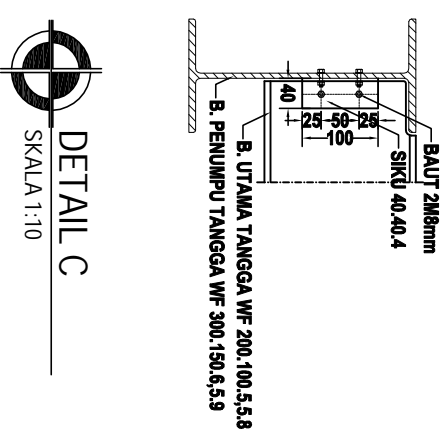
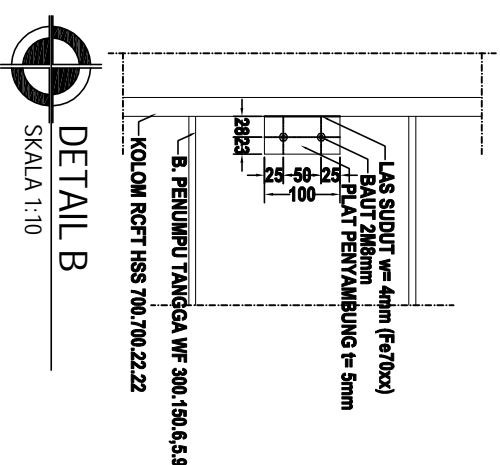
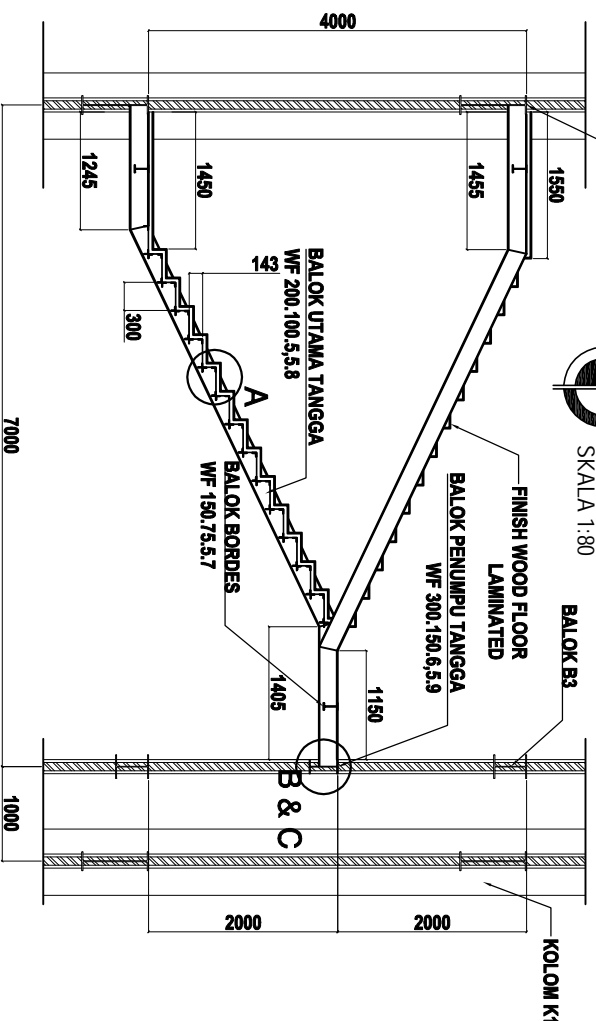
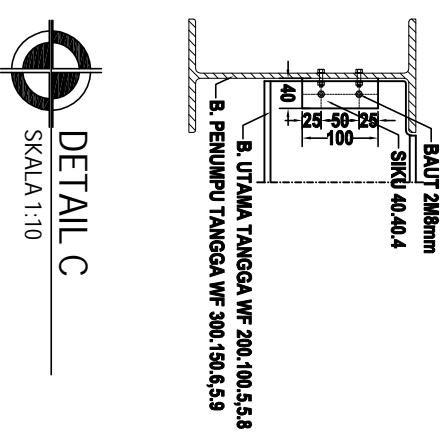
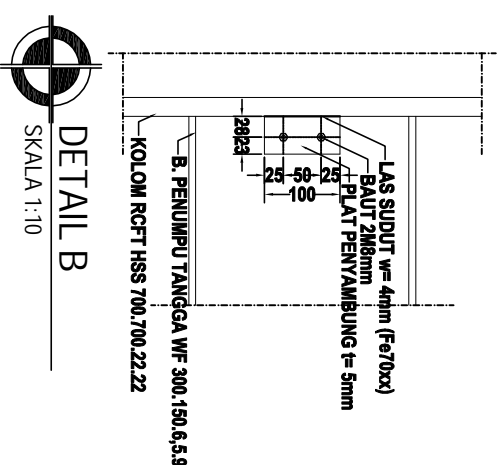
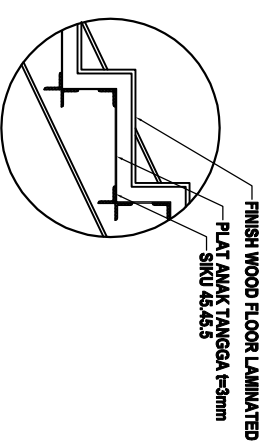
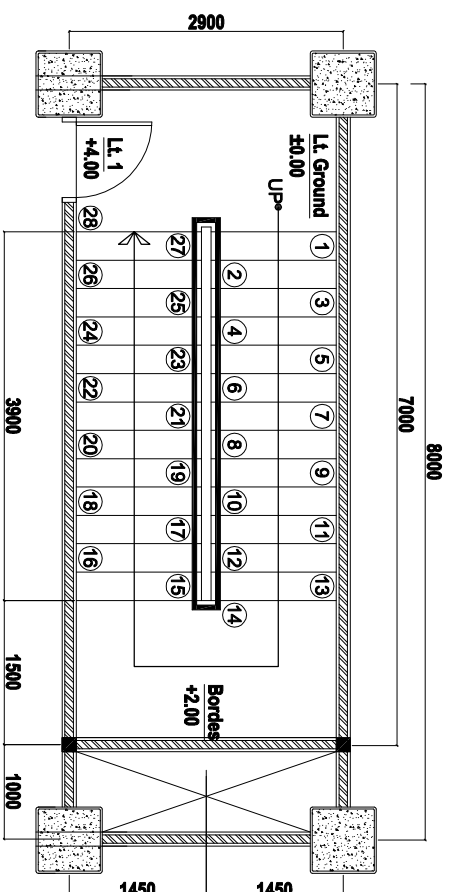
NOTASI	KETERANGAN
P1	Bored Pile 4 Tiang D = 600mm
P2	Bored Pile 8 Tiang D = 800mm
P3	Bored Pile 6 Tiang D = 600mm
S1	Sluof 400 x 500




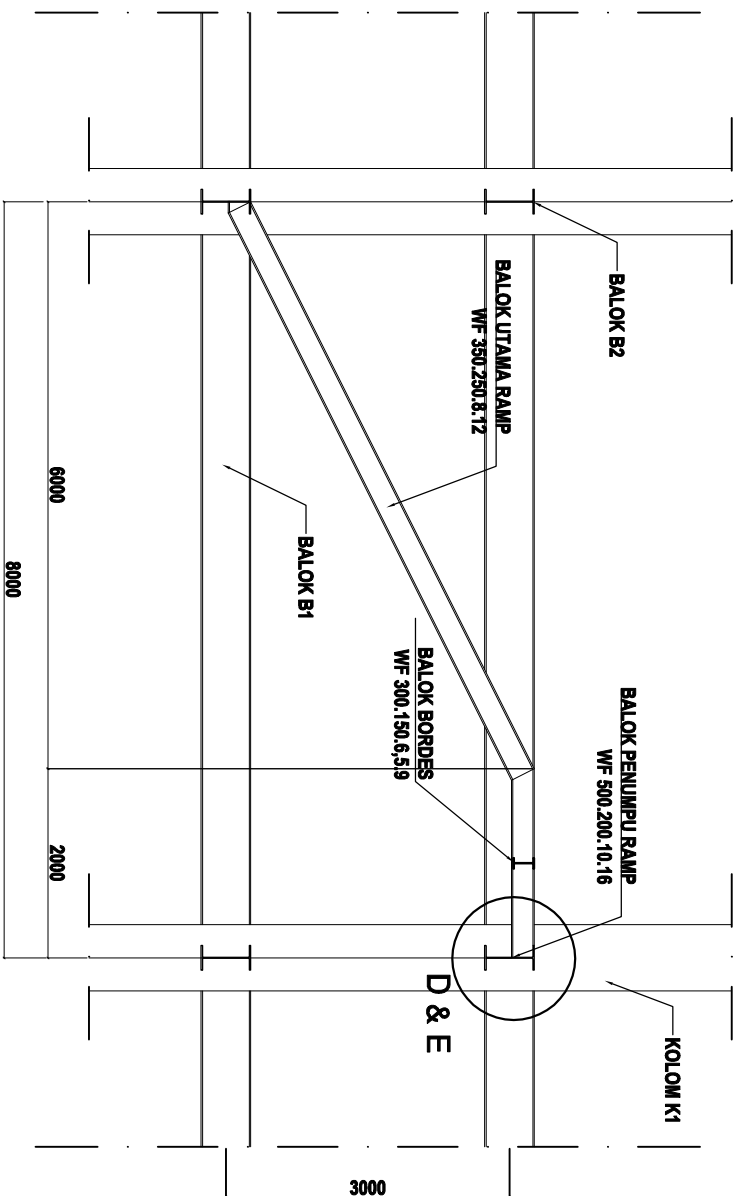
DENAH PONDASI

SKALA 1:400

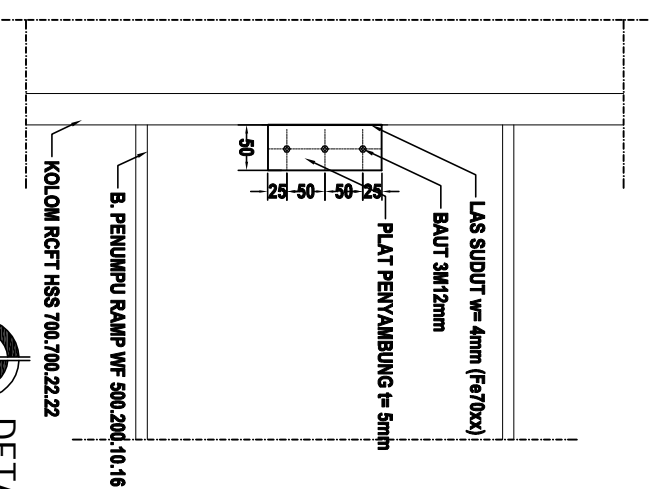
INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	MAHASISWA	DIPERIKSA	REVISI						
<div><p><b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember</p></div>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG OFFICE BILTON SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN BALOK OCTAGONAL CASTELLATED	DENAH PONDASI	1 : 400	<u>ARLYNA KRISTYANTI</u> NRP. 3115 105 064	Dosen Pembimbing :  Budi Susanto, ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 198802 1 002 R Sewardoko, Ir., M.Sc. NIP. 1948130 197412 1 001	<table><tr><th>KODE GBR</th><th>NO. GBR</th><th>JUMLAH LBR</th></tr><tr><td>STR</td><td>19</td><td>26</td></tr></table>	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR	STR	19	26
KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR										
STR	19	26										



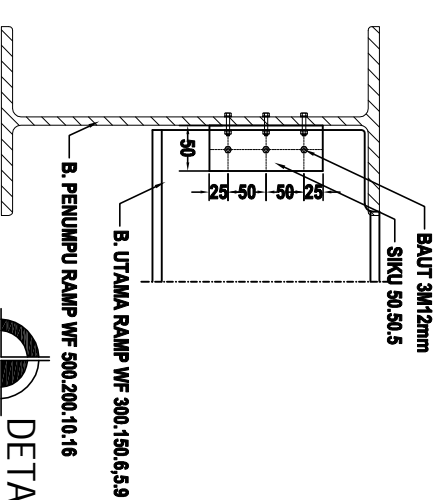
INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	MAHASISWA	DIPERIKSA	REVISI
 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG OFFICE BILTON SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN BALOK OCTOGONAL CASTELLATED			ARLYNA KRISTYANTI NRP. 3115 105 064	Budi Susanto, ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 198802 1 002 R Sewardjo, Ir., M.Sc. NIP. 19481130 197412 1 001	KODE GBR NO. GBR JUMLAH LBR
						STR 20 26




**POTONGAN RAMP**  
SKALA 1:80

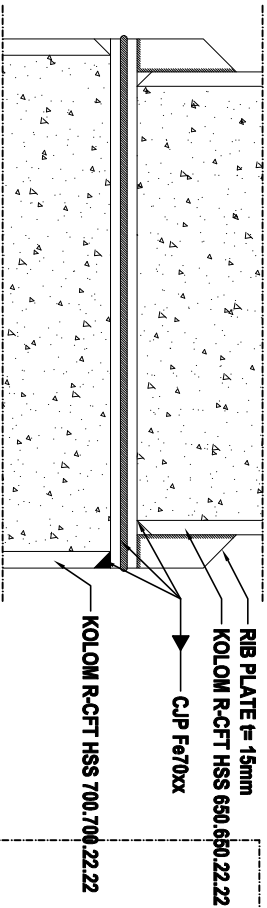


**DETAIL D**  
SKALA 1:10

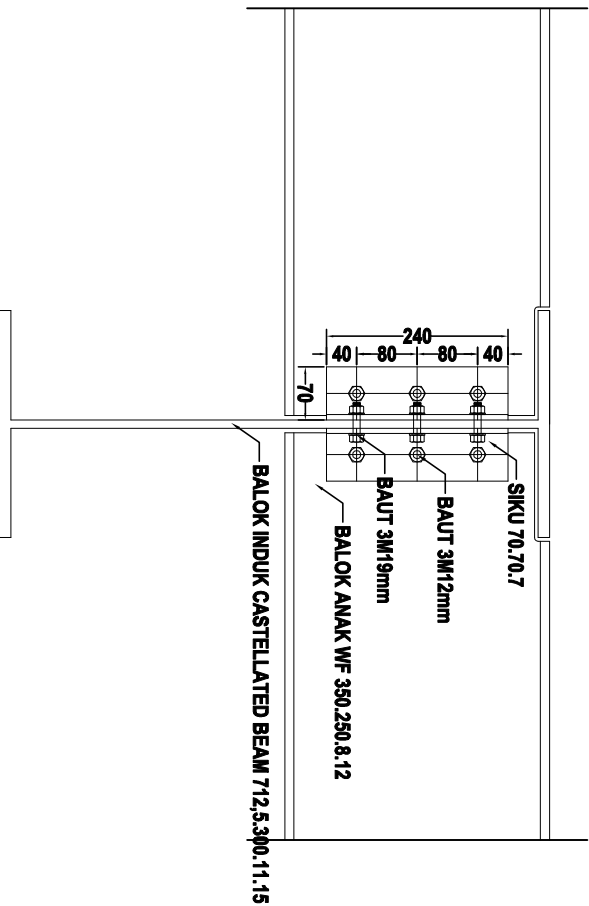


**DETAIL E**  
SKALA 1:10

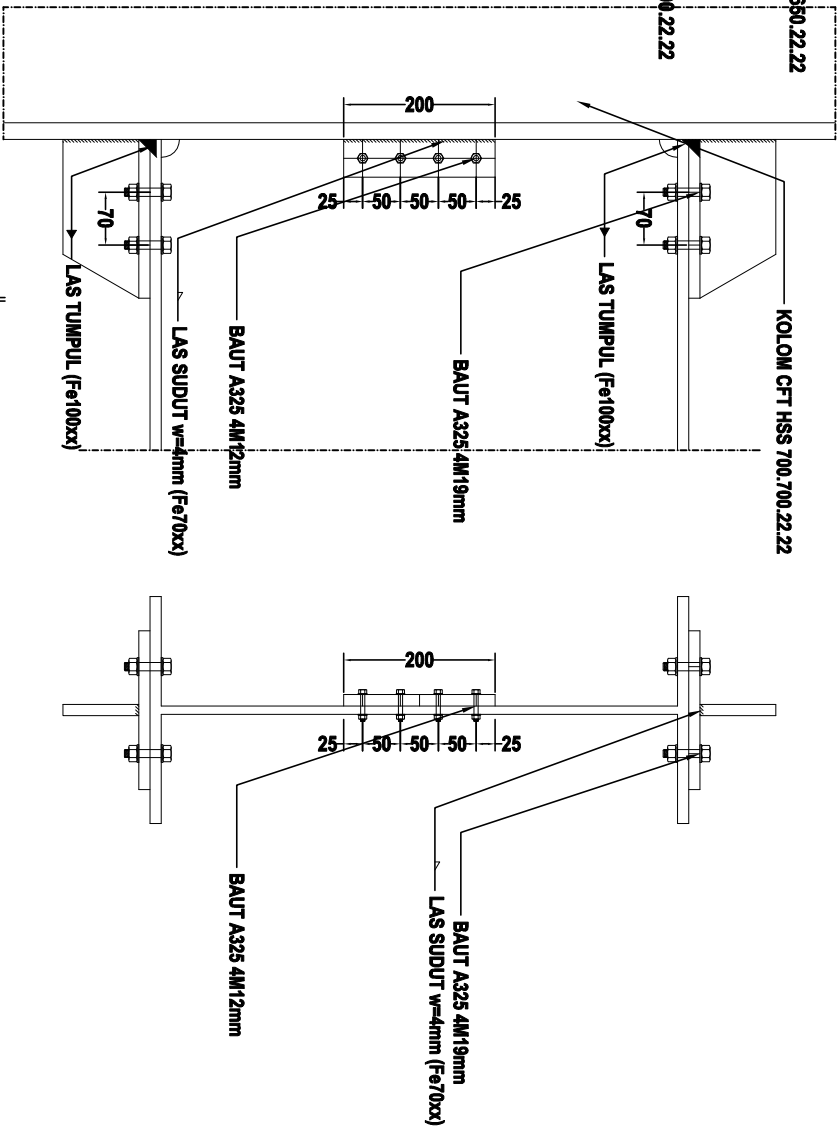
INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	MAHASISWA	DIPERIKSA	REVISI					
<div><div><b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div></div>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG OFFICE BILTON SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN BALOK OCTOGONAL CASTELLATED			ARLYA KRISTYANTI NRP. 3115 105 064	<div>DOSEN PEMBIMBING :</div> <div><div>Budi Susanto, ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 198002 1 002 R Sewardio, Ir., M.Sc. NIP. 1948130 197412 1 001</div><table><tr><td>KODE GBR</td><td>NO. GBR</td><td>JUMLAH LBR</td></tr><tr><td>STR</td><td>21</td><td>26</td></tr></table></div>	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR	STR	21	26
KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR									
STR	21	26									



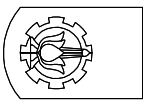
**SAMBUNGAN ANTAR KOLOM**  
SKALA 1:80



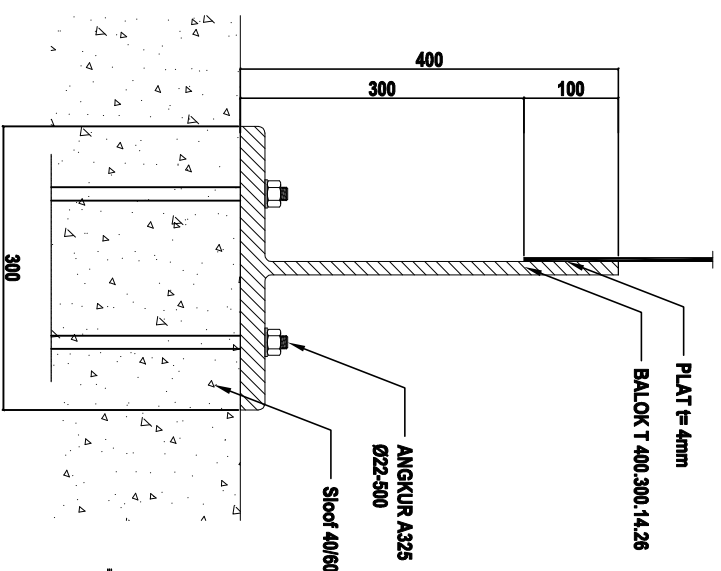
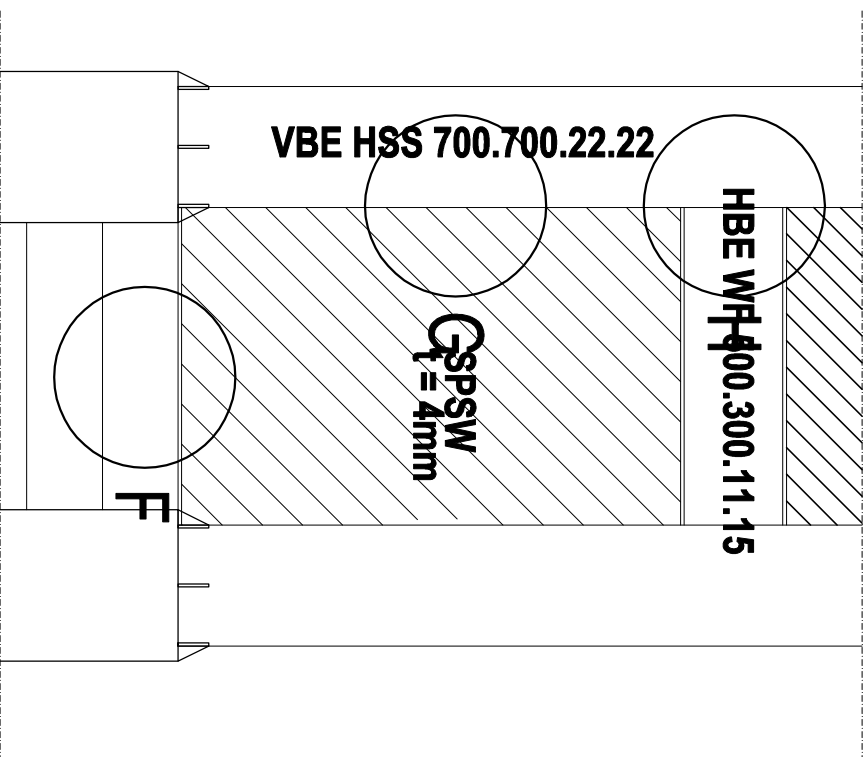
**SAMBUNGAN BALOK INDUK DAN BALOK ANAK**  
SKALA 1:10



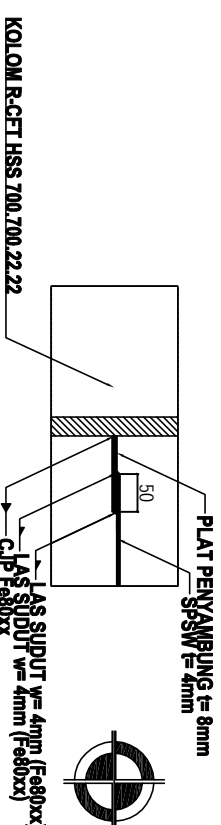
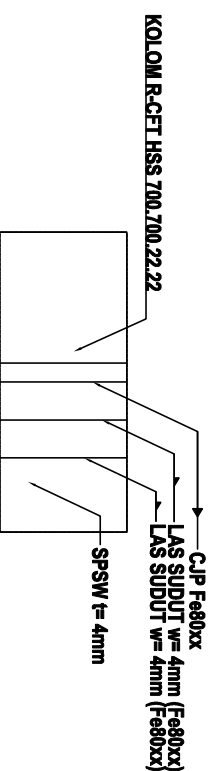
**SAMBUNGAN BALOK INDUK DAN KOLOM**  
SKALA 1:10

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	MAHASISWA	DIPERIKSA	REVISI						
<div><b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG OFFICE BILTON SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN BALOK OCTOGONAL CASTELLATED			ARLYNA KRISTYANTI NRP. 3715 105 064	DOSEN PEMBIMBING : <div><div>Budi Susanto, ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 198902 1 002 R Sewardjo, Ir., M.Sc. NIP. 1948130 197412 1 001</div><table><tr><td>KODE GBR</td><td>NO. GBR</td><td>JUMLAH LBR</td></tr><tr><td>STR</td><td>22</td><td>26</td></tr></table></div>	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR	STR	22	26	
KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR										
STR	22	26										






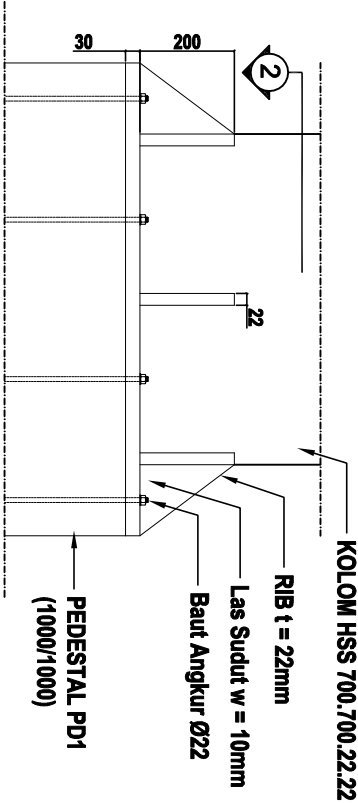
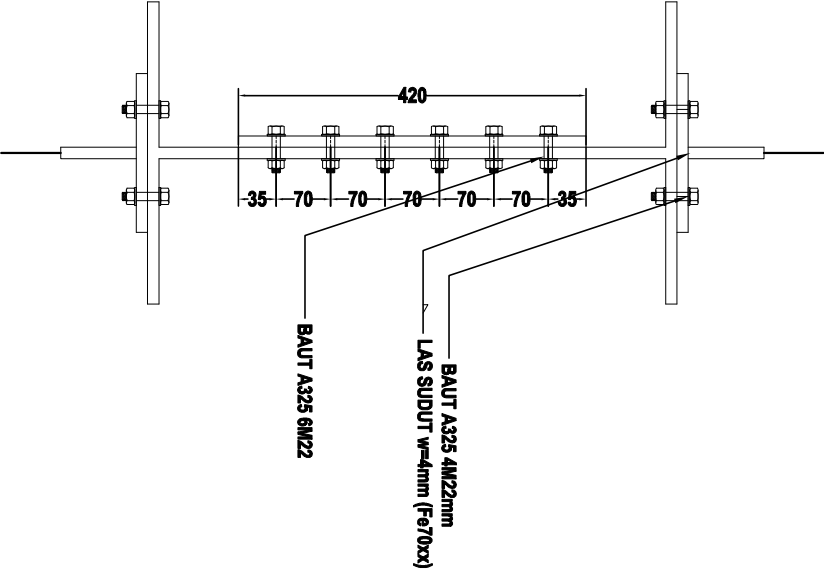
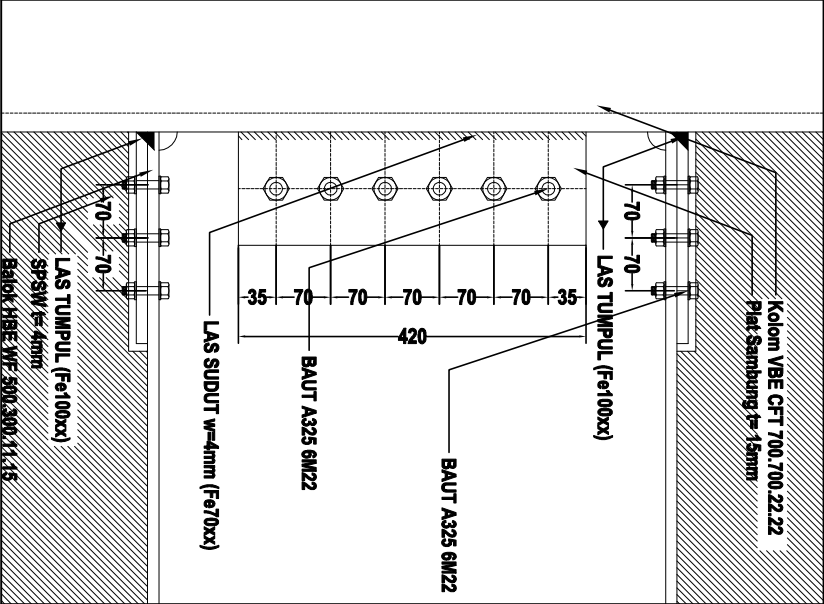
DETAIL F  
SKALA 1:10



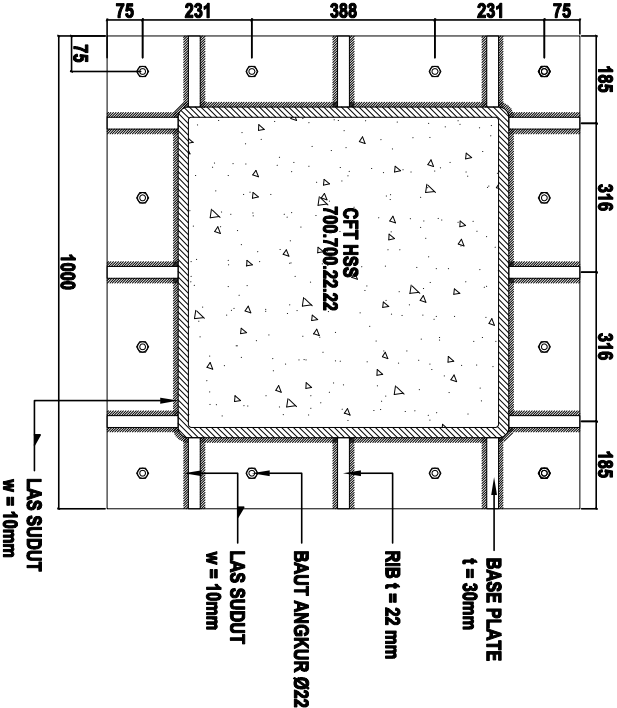
DETAIL G  
SKALA 1:10

DETAIL SPSW  
SKALA 1:50


INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	MAHASISWA	DIPERIKSA	REVISI								
<div></div> <div>ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div>	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG OFFICE BILITON SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN BALOK OCTOGONAL CASTELLATED			<u>ARLYNA KRISTYANTI</u> NRP. 3115 105 064	<u>Dosen Pembimbing :</u> <u>Budi Susanto, ST., MT., Ph.D</u> NIP. 19730128 198802 1 002 <u>R Sewardono, Ir., M.Sc.</u> NIP. 1948130 197412 1 001	<table><tr><td>KODE GBR</td><td>NO. GBR</td><td>JUMLAH LBR</td></tr><tr><td>STR</td><td>23</td><td>26</td></tr></table>	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR	STR	23	26		
KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR												
STR	23	26												

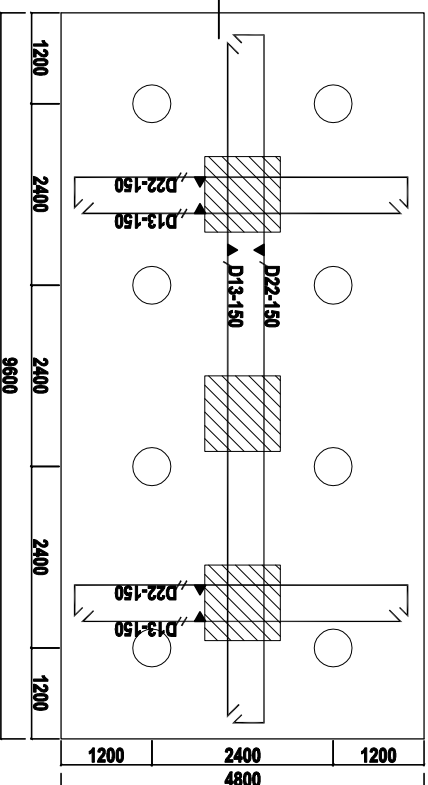
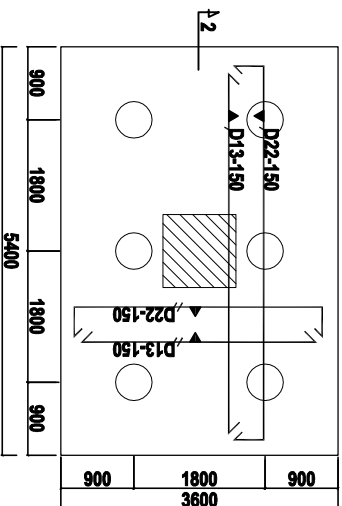
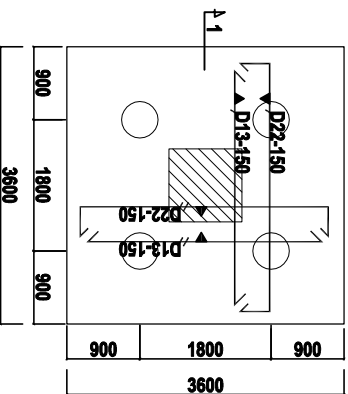


DETAIL H  
SKALA 1:10



SAMBUNGAN BASE PLATE  
SKALA 1:16

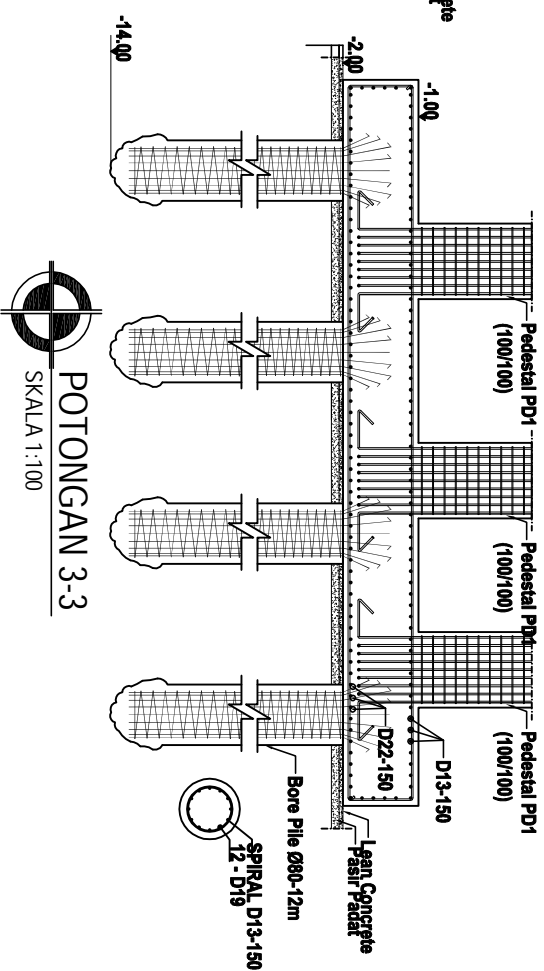
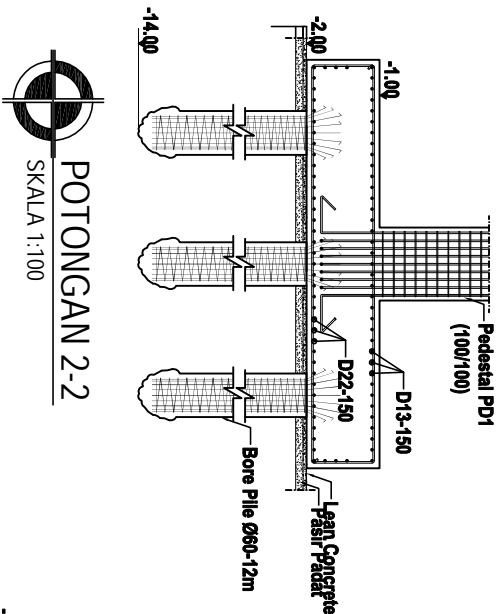
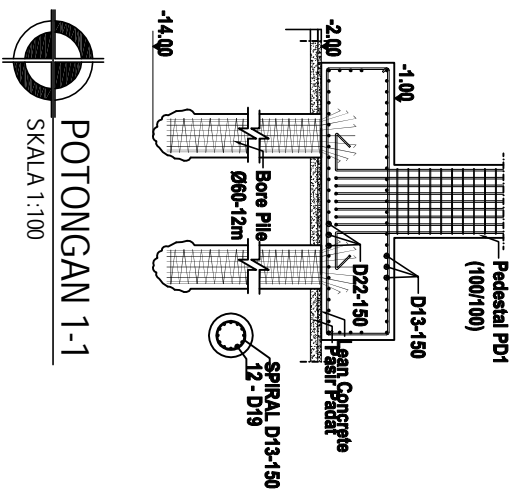
<div><b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div>	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	MAHASISWA	DIPERIKSA	REVISI		
MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG OFFICE BILTON SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN BALOK OCTOGONAL CASTELLATED				ARLYNA KRISTYANTI NRP. 3115 105 064	DOSEN PEMBIMBING :	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR
				Budi Suwanto, ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 198902 1 002 R Sewardio, Ir., M.Sc. NIP. 1948130 197412 1 001		STR	24	26



**DETAIL PENULANGAN P1**  
SKALA 1:100

**DETAIL PENULANGAN P2**  
SKALA 1:100


**DETAIL PENULANGAN P3**  
SKALA 1:100

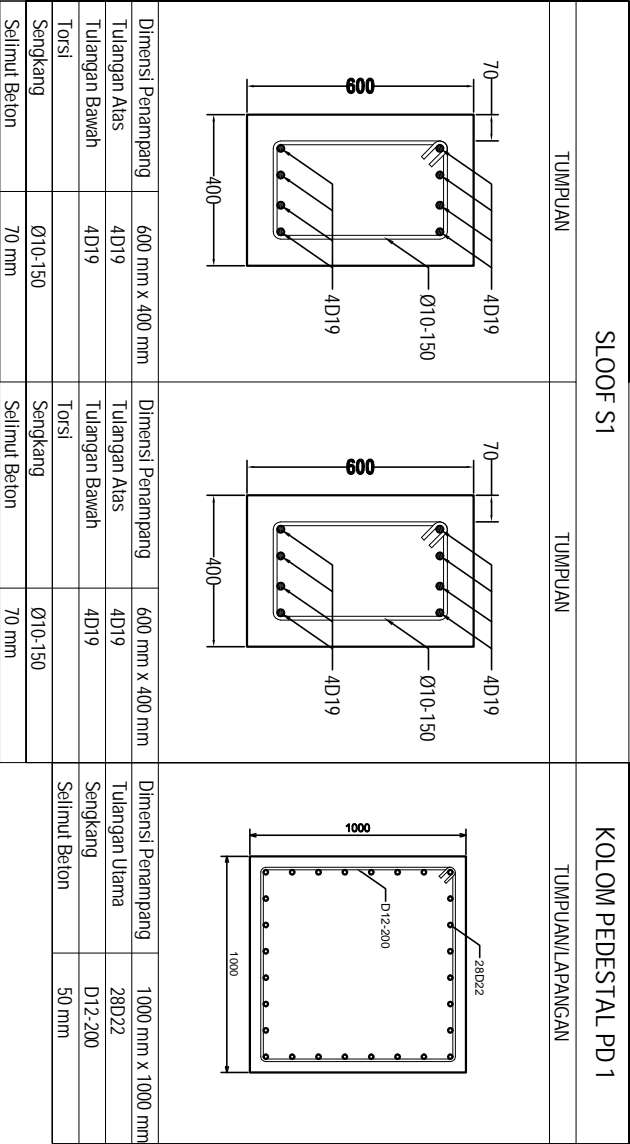


**POTONGAN 1-1**  
SKALA 1:100

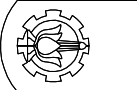
**POTONGAN 2-2**  
SKALA 1:100

**POTONGAN 3-3**  
SKALA 1:100

<div><p><b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember</p></div>	<p><b>JUDUL TUGAS AKHIR</b></p>	<p><b>JUDUL GAMBAR</b></p>	<p><b>SKALA</b></p>	<p><b>MAHASISWA</b></p>	<p><b>DIPERIKSA</b></p>	<p><b>REVISI</b></p>		
<p><b>MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG OFFICE BILTON SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN BALOK OCTOGONAL CASTELLATED</b></p>				<p><u>ARLYNA KRISTYANTI</u> NRP. 3115 105 064</p>	<p><b>DOSEN PEMBIMBING :</b></p>			
				<p>Budi Susanto, ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 19802 1 002 R Sewardio, Ir., M.Sc. NIP. 1948130 197412 1 001</p>		<p><b>KODE GBR</b></p>	<p><b>NO. GBR</b></p>	<p><b>JUMLAH LBR</b></p>
						<p>STR</p>	<p>25</p>	<p>26</p>



DETAIL SLOOF DAN PEDESTAL  
SKALA 1:400

<div> <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div>	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	MAHASISWA	DIPERIKSA	REVISI	
MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG OFFICE BILTON SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN BALOK OCTOGONAL CASTELLATED	DETAIL SLOOF DAN PEDESTAL	1 : 400	ARLYNA KRISTYANTI NRP. 3115 105 064	DOSEN PEMBIMBING :  Budi Susanto, ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 198802 1 002 R Sewardono, Ir., M.Sc. NIP. 19481130 197412 1 001	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR
					STR	26	26